Staatliche Bibliothek
Regensburg

Philos. 5095

Schulze G. L

SBR 069026251917

Praktische Lehrbücher

zur

Fortbildung für alle Stände.

Eine

allgemein faßliche Darstellung der gemeinnützigen Kenntnisse und Wissenschaften.

Zweiter Band:

Schulze, die Astronomie in populärer Darstellung.

Bibliothek
des
K. Alten Gymnasiums
in
Regensburg.

Die
Astronomie
in
populärer Darstellung

von

Dr. G. L. Schulze,
Königl. Sächsischem Geheimen Kirchen- und Schulrathe, Ritter des K. S. Civilverdienstordens.

Bibliothek des K. Alten Gymnasiums in Regensburg.

Mit vielen Holzschnitten und einer lithographirten Sternkarte.

Leipzig,
Verlag von Bernh. Tauchnitz jun.
1847.

Staatliche Bibliothek Regensburg

Staatliche Bibliothek
Regensburg
S. 1964/206

Vorrede.

Unter Astronomie begreift man zwar überhaupt die Wissenschaft, welche uns von dem, was an den Sternen (Gestirnen, Himmelskörpern) betrachtens- und wissenswerth ist, belehrt; im engern Sinne aber, und der Etymologie nach (Griech. ἀστήρ, Lat. astrum, der Stern, das Gestirn; νόμος, das Gesetz) versteht man unter jenem Worte die wissenschaftliche Kenntniß von den theils scheinbaren, theils und ganz besonders durch Beobachtung, Messung und Rechnung daraus abgeleiteten wahren Bewegungen der Himmelskörper und den Gesetzen dieser Bewegungen, von den daraus fließenden wahren Verhältnissen des Laufs und der gegenseitigen Stellungen, so wie den wirklichen Entfernungen und Größen der Gestirne, dem naturgemäßen Zusammenhange und der Verbindung derselben zu Systemen niederer und höherer Ordnungen u. s. w. Diese letztern Gegenstände astronomischer

Forschung und Betrachtung sind es hauptsächlich, welche das Interesse des denkenden Naturfreundes in Anspruch nehmen und ihm eine Befriedigung gewähren, die er in gleicher Weise in keinem andern Theile der Naturwissenschaften (die übrigens mit der Astronomie dergestalt zusammenhängen, daß Alex. von Humboldt in seinem bereits allbekannten „Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung," I. Bd. 1845. vom Weltgebäude ausgegangen ist; S. 82.—161.) finden kann; daher hat der Verfasser dieser, nur auf den wiederholten Wunsch des hochachtbaren Hrn. Verlegers zu bearbeiten unternommenen, Schrift sich zur Aufgabe gemacht, gebildeten Lesern aller Stände, welche astronomische Belehrung in gedachter Beziehung suchen, und den ernsten Willen haben, dem, wenn auch nicht streng wissenschaftlichen, doch systematischen und stufenweise zu der erwünschten Einsicht und zu begründeter Ueberzeugung führenden Gange, der dabei eingeschlagen werden mußte, zu folgen, sich als Wegweiser zur Erreichung ihres edlen Zweckes darzubieten. Wenn bei Durchführung des hierauf berechneten Planes diejenigen, welchen es nur um eine historische Kenntniß der interessantesten Erscheinungen am Himmel („glänzender Fakta," wie Fr. Theod. von Schubert sagt), oder um Schilderungen, die mehr das Gefühl und die Phantasie ansprechen, als den nach Plan- und Gesetzmäßigkeit in der Einrichtung des Weltgebäudes forschenden Verstand befriedigen, zu thun ist, welche, um es kurz zu sagen,

in einer populären Astronomie eine leichte und angenehme Unterhaltung, wie sie etwa eine pittoreske Reisebeschreibung darbietet, suchen, — wenn solche Leser durch die vorliegende Schrift, ob sie schon auch, wo der rechte Stoff sich dazu darbietet, auf Gemüth und Gefühl in ungekünstelter Rede zu wirken nicht versäumen wird, sich vielleicht wenig befriedigt finden; so werden doch, wie ich zu hoffen wage, diejenigen, welche jener erstern, gewiß nicht geringen, Classe von Lesern angehören, nicht ganz vergeblich darin suchen, was sie zu finden wünschen, wenn sie auch dieselbe Zeit und Mühe, welche andere ähnliche Schriften, die sich als „populäre" ankündigen (wie namentlich die in ihrer Art vortrefflichen Werke: „Populäre Astronomie von Friedr. Theod. von Schubert," 3 Bände, Petersburg 1804. bis 1810.; — Heinr. Wilh. Brandes, „Vorlesungen über die Astronomie für diejenigen, denen es an mathemat. Vorkenntnissen fehlt," 2 Theile, Leipz. 1827.; früher als „Briefe an eine Freundin" rc. erschienen, 1. Ausg. Leipz. 1816.; — „Populäre Astronomie von John F. W. Herschel," aus dem Englischen übersetzt von Dr. Michaelis, Leipz. 1838., und von Nicolai in Mannheim 1845.; — „Popul. Astronomie von Dr. J. H. Mädler," jetzt Kais. Russ. Hofrathe, Prof. der Astronomie und Director der Sternwarte zu Dorpat, Berlin 1841.; — auch das bekannte und lehrreiche, wiewohl für Liebhaber etwas zu weitläuftige und den systematischen Ueberblick erschwerende, hier und da auch

zu viel voraussetzende Werk des im Jahre 1840. als Director der Wiener Sternwarte verstorbenen Jos. Joh. von Littrow „Wunder des Himmels, oder gemeinfaßliche Darstellung des Weltsystems," 3te Aufl. Stuttg. b. Hoffmann), erfordern, ja zum Theil in noch viel höherm Grade in Anspruch nehmen, auf die Benutzung dieser Schrift werden verwenden müssen, — eine Mühe, deren man ja bei keiner andern Schrift aus dem Bereiche der sogenannten exacten Wissenschaften, so populär sie auch gehalten sein möge, überhoben sein kann.

Was ich nun in vorliegender Schrift aus der Arithmetik (nicht der Algebra und Analysis) und von den einfachsten Vorbegriffen der Geometrie (sehr selten der Trigonometrie) habe voraussetzen müssen, wird solche Leser nicht erschrecken, da so mäßige mathematische Kenntnisse jetzt, selbst von guten Bürgerschulen aus, fast durch alle Stände verbreitet sind und immer mehr werden, oder es wird ihnen ein erwünschter Anreiz sein, mit dem ihnen etwa Fehlenden sich noch bekannt zu machen, wozu ihnen unter andern das von mir herausgegebene Schriftchen: „Kleines mathematisches Hand- und Hülfsbuch, zum Verständniß popul. astronomischer und physicalischer Schriften u. s. w.," Leipz. b. Friedr. Fleischer 1839., auf welches ich daher mit der Abkürzung „Kl. math. Handb." öfters verweisen werde, wird behülflich sein können. Der Versuch, alles dießfalls dem Leser zu wissen Nöthige im Buche selbst umständlich zu erklären oder durch und durch ein-

zuschalten, würde dasselbe zu umfangreich gemacht, oder auch häufige, unangenehm störende, Unterbrechungen herbeigeführt haben. Indeß habe ich solche Erklärungen hier und da, und zwar nur dann gegeben, wenn zum bessern Verständniß wesentlich wichtiger Lehren über das Vorausgesetzte ein wenig hinausgegangen werden mußte, — Einiges auch in einen kleinen Anhang verwiesen, der zugleich in einigen Beispielen, immer aber auf möglichst einfache und elementare Weise, zeigen sollte, wie der Astronom mathematisch zu begründen und zu beweisen wisse, was der Unkundige vielleicht nur für willkührliche, oder höchstens für wahrscheinliche Behauptungen zu halten geneigt ist. — Aus dem angedeuteten Grunde habe ich auch Manches, was aus der allgemeinen Physik, wie z. B. aus der Lehre von der Luft und den Luftarten, von der Schwere und dem freien Falle, von Bewegung und Gleichgewicht, vom Lichte, von den Gesetzen der Lichtbrechung ꝛc. und der darauf beruhenden Theorie der Fernröhre u. s. w., herbeizuziehen unvermeidlich war, mehr voraussetzen müssen, als erklären können, wie denn auch von Schubert, Herschel, Mädler und Andere dieß gethan haben, — wohingegen ich manchem Leser durch die, hauptsächlich in den Anmerkungen und im Anhange beigebrachten, literärischen und historischen Nachweisungen einen nicht unerwünschten Dienst (zum Behuf weitern Studiums und Nachlesens) zu leisten glaubte.

Möge denn diese Schrift von Kennern, die es wohl wissen, wie schwer es ist, eine auf die tiefsten Forschungen gegründete Wissenschaft dem größern Publicum zugänglich zu machen, nachsichtig beurtheilt werden, bei letzterm selbst aber einer freundlichen Aufnahme und Benutzung sich zu erfreuen haben!

Dresden, im Mai 1847.

Dr. Schulze.

Uebersicht des hauptsächlichsten Inhalts.

I. Abschnitt; §. 1.—15. Allgemeine Wahrnehmungen am gestirnten Himmel. — Irdischer Standpunkt der Betrachtung; Horizont. Tägliche Bewegung der Gestirne; Himmelssphäre (§. 1.—3.) — Rundung, Größe, Atmosphäre der Erde (§. 4.—6.). — Der Globus; Fixsterne auf demselben (§. 7. 8.). — Himmlische Kreislinien (§. 9. 10.) — Pol- und Aequatorhöhe; dreierlei Sphären (§. 11.). — Höhe der Gestirne; Instrumente zu deren Messung; der Quadrant ꝛc. Declination und Rectascension der Sterne (§. 12.—15.). —

II. Abschnitt; §. 16.—31. Eigene Bewegung der Sonne. — Jährlicher Lauf der Sonne; Ekliptik, Wendekreise ꝛc. (§. 16. 17.) — Lage der Ekliptik. Der Thierkreis; Zeichen und Sternbilder desselben (§. 18. 19.). — Die übrigen Sternbilder am Himmel; Classen ꝛc. der Sterne (§. 20. 21.). — Die Nachtgleichen; Rectascension der Sonne. Stern- und Sonnentag. Siderisches und tropisches Jahr (§. 22. 23). — Länge der Sonne. Länge und Breite der Gestirne (§. 24). — Aufgaben für den Globus (§. 25.). — Mikrometrische Messungen (überhaupt; insbesondere) des scheinbaren (veränderlichen) Sonnendurchmessers. Elliptische Gestalt der Sonnenbahn; Apsiden, Excentricität ꝛc. derselben (§. 26. 27.). — Die beiden ersten Kepler'schen Gesetze. Wahre, mittlere Zeit; Zeitgleichung. Sonnentafeln (§. 28.). — Wahre Entfernung der Sonne; Parallaxe und deren Bestimmung. Wahre Größe der Sonne; Rotation derselben (§. 29.—31.).

III. Abschnitt; §. 32.—40. Eigene Bewegung des Mondes. — Periodischer, synodischer Umlauf des Mondes; Neigung und Knoten der Mondbahn. Mondphasen (§. 32.—34.) — Rotation des Mondes. Veränderlichkeit des scheinbaren Monddurchmessers. Elliptieität, Apsiden ꝛc. der Mondbahn. Ungleichheiten im Mondlaufe; Mondtafeln

(§. 35. 36.). — Parallaxe, wahre Entfernung und Größe des Mondes; diese Angaben s. in §. 30. — Mond- und Sonnenfinsternisse (§. 37.—39.) — Physische Ursache der Bewegung des Mondes (§. 40.).

IV. Abschnitt; §. 41.—49. Eigene Bewegung der Planeten. — Untere und obere Planeten, deren synodische und siderische Umläufe; Verhältnisse der Abstände. Neigungen der Planetenbahnen (§. 41.—43.). — Scheinbare Unregelmäßigkeiten im Laufe der Planeten (§. 44.). — Kepler's drittes Gesetz. Wahre Reihenfolge der Planeten. Tafel der Abstände derselben von der Sonne. Wahre Größen der Planeten (§. 45. 46.).

V. Abschnitt; §. 47.—49. Die Monde (Trabanten) der Planeten. Ring des Saturns. — Die Jupitersmonde, deren Umläufe 2c. und Finsternisse; aus letztern die Schnelligkeit der Lichtfortpflanzung hergeleitet. Axendrehung der Monde (§. 47.). — Die Monde des Saturns und des Uranus (§. 48.). — Doppelring des Saturns; dessen Gestaltungen, Dimensionen 2c. (§. 49.).

VI. Abschnitt; §. 50.—52. Physische Merkwürdigkeiten der Sonne, des Mondes und der Planeten. — Naturbeschaffenheit der Sonne. Zodiacallicht. Rotation der Sonne (vergl. §. 31.). — Naturbeschaffenheit des Mondes (§. 51.) und der Planeten (§. 52.). — Rotation der Planeten und des Saturnringes.

VII. Abschnitt; §. 53.—56. Die Kometen. — Aeußere Erscheinungen an den Kometen und in deren Laufe (§. 53.). — Wahre Bewegung der Kometen, nach Kepler's Gesetzen (§. 54.). — Kegelschnitte. Parabolische und elliptische Berechnung der Kometenbahnen (§. 55.). — Natur der Kometen (§. 56.).

VIII. Abschnitt; §. 57.—63. Wahre Gestalt und Größe der Erde; deren doppelte Bewegung, Abplattung 2c. (§. 57.). — Axendrehung (Rotation; §. 58.) und jährliche Bewegung (Revolution) der Erde; daraus zu erklärende Erscheinungen am Himmel (§. 59., 60., 62.). — Entstehung der Jahreszeiten 2c. (§. 61.). — Parallaxe der Erdbahn; daraus zu schließende Entfernungen der Fixsterne (§. 62.). — Abirrung des Lichtes der Fixsterne 2c., als Folge der jährlichen Bewegung der Erde (§. 63.).

IX. Abschnitt; §. 64.—71. Wahre Einrichtung des Sonnensystems. Weltsystem (Universum). — Die Kepler'sche Theorie der Planetenbewegungen. Elemente der Planetenbahnen (§. 64. 65.). — Ortsbestimmungen der Planeten aus den Elementen. Heliocentrische und geocentrische Berechnung. Wahre und mittlere Anomalie (§. 66.). —

Größe und Gestalt des Sonnensystems (§. 67.). — Partialsysteme; Doppelsterne, Sternhaufen (§. 69.). — Die Milchstraße, die Nebelflecken, das Universum (§. 70. 71.).

X. Abschnitt; §. 72.—80. Die physischen und mechanischen Gesetze der himmlischen Bewegungen (physische Astronomie). — Bewegung in Kegelschnitten überhaupt (vergl. §. 55., a.). — Die beiden ersten Kepler'schen Gesetze physisch und geometrisch erklärt (§. 72. 73.). — Newton's Attractionslehre und deren Grundgesetz; Herleitung des 3. Kepler'schen Gesetzes aus derselben (§. 74. 75.). — Allgemeine Gravitation. Störungen durch gegenseitige Attraction, — zunächst im Mondlaufe (§. 76.). — Störungen durch den Mond. Ebbe und Fluth. Ursache der Präcession (§. 77.). — Gegenseitige Störungen der Planeten (§. 78.). — Massen und Dichtigkeiten der Sonne, des Mondes und der Planeten (§. 79.) — Stabiler Zustand des Sonnensystems (§. 80.).

Schlußbetrachtung (nach §. 80.) über Werth und Nutzen der Astronomie.

Inhalt des Anhanges, S. 275. bis Ende.

I. Erläuterungen und Zusätze zu einigen Stellen des Buches, S. 275. bis 318. — Hier unter andern ein Verzeichniß der geograph. Längen und Breiten der vorzüglichsten Städte Deutschlands und der mit Sternwarten versehenen Orte (S. 276.—279.). — Astronomische Instrumente (Quadranten, Fernröhre u. s. w.), welche auf Sternwarten und sonst gebraucht werden (S. 279.—288.). — Sphärische, theorische und physische Astronomie; Begriff und Inhalt dieser drei Hauptheile der Astronomie (S. 300.—304.). — Entstehung und Natur der verschiedenen Kegelschnitte (S. 305. ff.). — Grund der Benennung für diese krummen Linien (S. 307. ff.).

II. Sprachliche Erklärung der vorzüglichsten astronomischen Kunstwörter griechischen Ursprungs, S. 318. ff.

III. Himmelskarten und Globen betreffend, S. 322.

Anmerkungen.

1. Die dem Buche angehängte Sterntafel (die Sternzone um den Nordpol unter I., die am meisten in die Augen fallenden Sternbilder des Thierkreises unter II. bis VIII., und einige andere Merkwürdigkeiten am Himmel, als: Sonnen- und Mondflecken u. s. w., unter IX. enthaltend) wird der Kürze halber durchgängig mit „Taf." bezeichnet werden.

2. Ich habe mich hier und da in dem Buche auf ein paar in der neuern Zeit von mir herausgegebene Schriftchen und die damit in Verbindung stehenden und darin beschriebenen astronomischen Versinnlichungswerkzeuge (Tellurium, Lunarium, Planetarium) bezogen, und nenne daher die vollständigen Titel jener Schriftchen:

a) Das veranschaulichte Weltsystem, oder die Grundlehren der Astronomie und deren leichte und sichere Veranschaulichung durch eigenthümliche Versinnlichungswerkzeuge rc.; mit 2 Steindrucktaf. Leipz. bei K. Tauchnitz, 2. Aufl. 1838. 8 Bog. gr. 8. (Ladenpr. 14 gGr.)

b) Erläuterungen zu ebengedachter Schrift, nebst genauer Abbildung und Beschreibung der astronom. Versinnlichungswerkzeuge, und genauer Anweisung zu deren vielseitigem Gebrauche; 2te verb. u. verm. Aufl. ebendas. 1838. (7 Bgn.) gr. 8. (16 gGr.)

Die beschriebenen Werkzeuge (deren Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit schon daraus hervorgeht, daß Hr. Dr. Möbius, Professor der Astronomie und der höhern Mechanik in Leipzig, sich derselben bei seinen astronom. Vorlesungen bedient) werden von dem Mechanicus A. L. Burger in Dresden sehr genau und sauber verfertigt (zu den Preisen von 9 bis etwa 28 Thlr.) und können zu jeder Zeit von demselben bezogen werden.

Dr. Schulze.

Nöthige Verbesserungen und Zusätze.

In Fig. 5., S. 15., ist zu dem zunächst bei N', nach r hin, stehenden Sternchen der Buchstabe s beizufügen, — ferner in der zwischen M und T gezeichneten Boussole statt R, r, s zu setzen: R', r', s'; der Buchstabe D aber (über T) ist zu streichen.

S. 16. ist Z. 12. u. 13. v. u. statt r, s zu setzen: r', s'. — S. 20. Z. 12. u. 15. v. o. lese man s' statt s. — S. 34. Z. 5. unter b. lese man E t, statt E A. — S. 68. Z. 9. v. u. ist nach Aphelium das Komma zu tilgen. — S. 79. Z. 14. 15. ist Par-allaxe zu setzen. — Zu S. 82. und 96. ist noch nachzutragen, daß die kleinste und größte Entfernung des Mondes von der Erde 48960 und 54642 geogr. Meilen beträgt. — S. 130. Z. 7. v. o. muß vor so ein Komma stehen. — S. 132. Z. 5. v. o. lese man: oder wie 52,03 zu 10,00 = 10. — S. 138. ist in Fig. 27. der Buchst. n weiter oben, so hoch wie m, zu setzen. — S. 195. Z. 3. v. u. setze man nach Bahn ein Komma. — S. 241. Anmerk. Z. 10. setze man nach gr. 8.; 3. u. 4. Bd. 1834. u. 1846.; — ebendas. Z. 7. v. u. l. man: der Ceres (S. 121.). — S. 251. Anm. Z. 5. l. m. Jahren, st. Jahre. — S. 252. Z. 9. l. m. Masse, aus rc. — S. 255. ist in der Tabelle der Uranus vor den Saturn zu setzen. — S. 267. Anm. * Z. 3. l. m. instaurata. — S. 269. Z. 13. l. m. §. 51., b. — S. 272. Z. 7. l. m. Chronologie und die rc. — Ebend. Z. 8. l. m. Schiffahrtskunde (Nautik rc. — Ebend. Z. 7. v. u. l. m. gedruckt st. bedruckt, u. abgehandelt st. behandelt rc. — S. 276 ff. sind noch Breslau, Danzig, Halle, Hamburg, Jena, Marburg, Wien mit Sternchen zu bezeichnen. — S. 280. Z. 10. v. u. ist zu lesen Galileischen rc. — S. 280. letzte Z. l. m. astronomy etc. — S. 299. Z. 7. l. m. Entfernungen rc. — S. 311. Z. 6. v. u. ist q N statt z N zu setzen.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Wahrnehmungen am gestirnten Himmel.

§. 1. Standpunkt der Beobachtung. Horizont.

Wir beobachten den Himmel von einem Standpunkte aus, der fest und unbeweglich zu sein scheint, während ersterer mit den an ihm befindlichen leuchtenden Körpern (Himmelskörpern; Gestirnen) sich in immerwährender Bewegung zeigt. Dieser unser Standort ist — vorausgesetzt, daß er in einer ebenen, oder ziemlich ebenen, Gegend liegt — der Mittelpunkt einer Fläche, deren äußerster, kreisrunder Umfang, Horizont (Gesichtskreis) genannt, mit dem von da aus zu einer hohlen Halbkugel sich wölbenden Himmel (Himmelsgewölbe oder Himmelssphäre; Firmament) zusammenfließt (oder zusammen zu fließen scheint). — Gedachte Fläche (Horizontalfläche, Horizontalebene), am vollkommensten auf dem offenen, ruhigen Meere (als Meerhorizont) sich zeigend, macht aber überall nur einen sehr kleinen Theil der ganzen Ausdehnung der nach allen Seiten von unserm Standpunkte aus sich verbreitenden Erdfläche aus, und muß uns darum als eben erscheinen, weil, wenn auch die Erdoberfläche, wie jetzt Jedermann weiß, gekrümmt ist, doch diese Krümmung an dem kleinen Theile, den wir auf einmal zu übersehen vermögen, für das Auge nicht merklich sein kann.

Die richtige Lage der Horizontalebene wird durch die Richtung der Schwere, nach der die Körper von einer gewissen Höhe zur Erde herabfallen, angezeigt, und diese durch

den ausgespannten Faden eines frei herabhängenden Lothes (durch das Senkblei) versinnlicht. Jene Richtung heißt daher lothrecht oder vertical, weil sie, von dem Beobachtungspunkt aus aufwärts verlängert, durch den Punkt der Himmelssphäre über unserm Scheitel (vertex) geht. Linien nun, welche mit der Richtung der Schwere zusammenfallen, oder derselben parallel sind, heißen Verticallinien, und jede Ebene, auf welcher das Bleiloth senkrecht steht, ist eine Horizontalebene, so wie alle Linien horizontal genannt werden, welche senkrecht (rechtwinklig) auf die Richtung des Lothes gezogen sind.

§. 2. Tägliche Bewegung der Gestirne.

Die Gestirne (Sonne, Mond und Sterne; Fixsterne, Planeten u. s. w.), welche über unserer, scheinbar unbeweglichen Horizontalfläche an der Himmelssphäre sich zeigen, stehen (mit der Ausnahme, von der sogleich die Rede sein wird) nie still, indem man an ihnen, in Beziehung auf den gewählten Standpunkt der Beobachtung, eine gemeinschaftliche, von der Linken nach der Rechten, oder von Morgen nach Abend gerichtete, tägliche Bewegung, welche keinen Augenblick unterbrochen wird, wahrnimmt.

Die Sonne wird in einer Gegend des Horizonts, die man Osten nennt, jeden Morgen sichtbar, durchläuft den Himmel in einem, in unsern nördlichen Gegenden gegen die Horizontalfläche schrägen, Kreisbogen, und geht in Westen unter. Dasselbe thut der Mond, so oft er sichtbar ist. Eben so erheben sich, wenn die Sonne den Himmel verlassen hat, unzähliche Sterne über den östlichen Horizont, steigen, gleich dem Gestirne des Tages, in schräg liegenden Kreisbogen höher und höher, und sinken nach einiger Zeit unter den westlichen Horizont herab. Ein Theil der Sterne beschreibt bei dieser täglichen Bewegung größere, ein anderer kleinere Kreis-

bogen, und im Norden (zwischen Osten und Westen) ist ein Theil des Himmels, dessen Sterne ganze Kreise über unserm Horizont beschreiben, so daß wir sie die ganze Nacht hindurch nicht aus den Augen verlieren. Der Umfang dieser Kreise wird immer kleiner und die Bewegung der sie durchlaufenden Sterne immer unmerklicher, bis, zu einem gewissen Punkte hin, den der sogenannte Polarstern einnimmt, die Bewegung fast ganz aufzuhören, letzterer also (bei gewöhnlicher Betrachtung) fast ganz still zu stehen scheint.

§. 3. Himmelssphäre.

a) Die Sterne, die wir des Nachts am Himmel sehen, werden uns bei Tage nur wegen des, ihr schwächeres Licht gleichsam auslöschenden, starken Glanzes der Sonne unsichtbar. Daß sie aber auch bei Tage ihren Lauf am Himmel fortsetzen (was zu vermuthen ohnehin sehr natürlich ist), erkennt man zweifelsfrei, wenn man, aus tiefen Brunnen und dergl., vermittelst eines Fernrohres, oder auch nur einer langen Röhre, diejenigen Punkte des (wolkenreinen) Himmels, an welchen, nach der auf gedachte Voraussetzung sich gründenden Berechnung, gewisse Sterne in einem bestimmten Zeitpunkte zu sehen sein müssen, betrachtet. Die Strahlen der Sonne, die das Auge von der Seite blenden, werden hierdurch abgehalten, und man sieht die gesuchten Sterne wie bei Nacht. Auch bei totalen Sonnenfinsternissen haben sich am Mittage neben der Sonne die Sterne gezeigt, die nach obiger Vermuthung dort zu finden sein mußten.

b) Nimmt man hierzu, daß es Sterne giebt, die nicht unter den Horizont herabsinken (am nördlichen Himmel), sondern ihren ganzen täglichen Kreislauf über demselben vollführen (§. 2.); daß diejenigen unter ihnen, deren Bewegung sehr gering und kaum merklich ist, von den größern Bahnen anderer Sterne eingeschlossen werden; daß diese Bahnen sich

immer mehr erweitern, bis man zu solchen kommt, die im niedrigsten Punkt ihrer Bahn den Horizont nur berühren; daß auch diese von noch größern Bahnen, die ihnen ganz ähnlich sind, eingeschlossen werden, wegen ihres größern Umfangs aber zum Theil unter den Horizont fallen müssen, und daß dieser unsichtbare Theil immer größer und größer wird: so kann man nicht daran zweifeln, daß diese Sterne auch unter dem Horizonte ihre Bewegung fortsetzen und nur darum verschwinden, weil die undurchsichtige Horizontalfläche (§. 1.) uns hindert, sie zu sehen; daß sie folglich eben so wohl wie die Sterne, die nie untergehen, ganze Kreise am Himmel beschreiben, von denen aber ein Theil unter den Horizont fällt, — wovon man sich auch dadurch überzeugt, daß man die Zeit, die solche Sterne über dem Horizonte zubringen, mit der daraus berechneten Zeit eines ganzen Umlaufs in eben dem Verhältnisse, wie ihre sichtbaren Bogen mit ihren ganzen Kreisen, stehend findet.

c) Erwägt man endlich, daß, wie die vielen in den letzten Jahrhunderten gemachten Reisen um die Erde gezeigt haben, an jedem Orte auf der Erdoberfläche die Himmelssphäre auf gleiche Weise in unmeßbarer Entfernung über dem Horizont ausgespannt ist (also nirgends auf der Erdfläche ruhen kann), so ergiebt sich, daß unser Erdkörper in sehr enge Grenzen eingeschlossen sein, und nach allen Seiten hin von dem Sternenhimmel abgeschieden sein muß, daß dieser in ungeheurer Ferne den Erdkörper sphärisch umgiebt, daß also der Himmel ein Kugelgewölbe bildet, von dem wir jeden Augenblick nur die eine Hälfte sehen, während die andere durch die Horizontalfläche uns verdeckt wird.

§. 4. Rundung der Erde.

a) Daß die, nach §. 3., im Himmelsraume abgesondert und für sich bestehende, Erde selbst ein nach allen Seiten hin

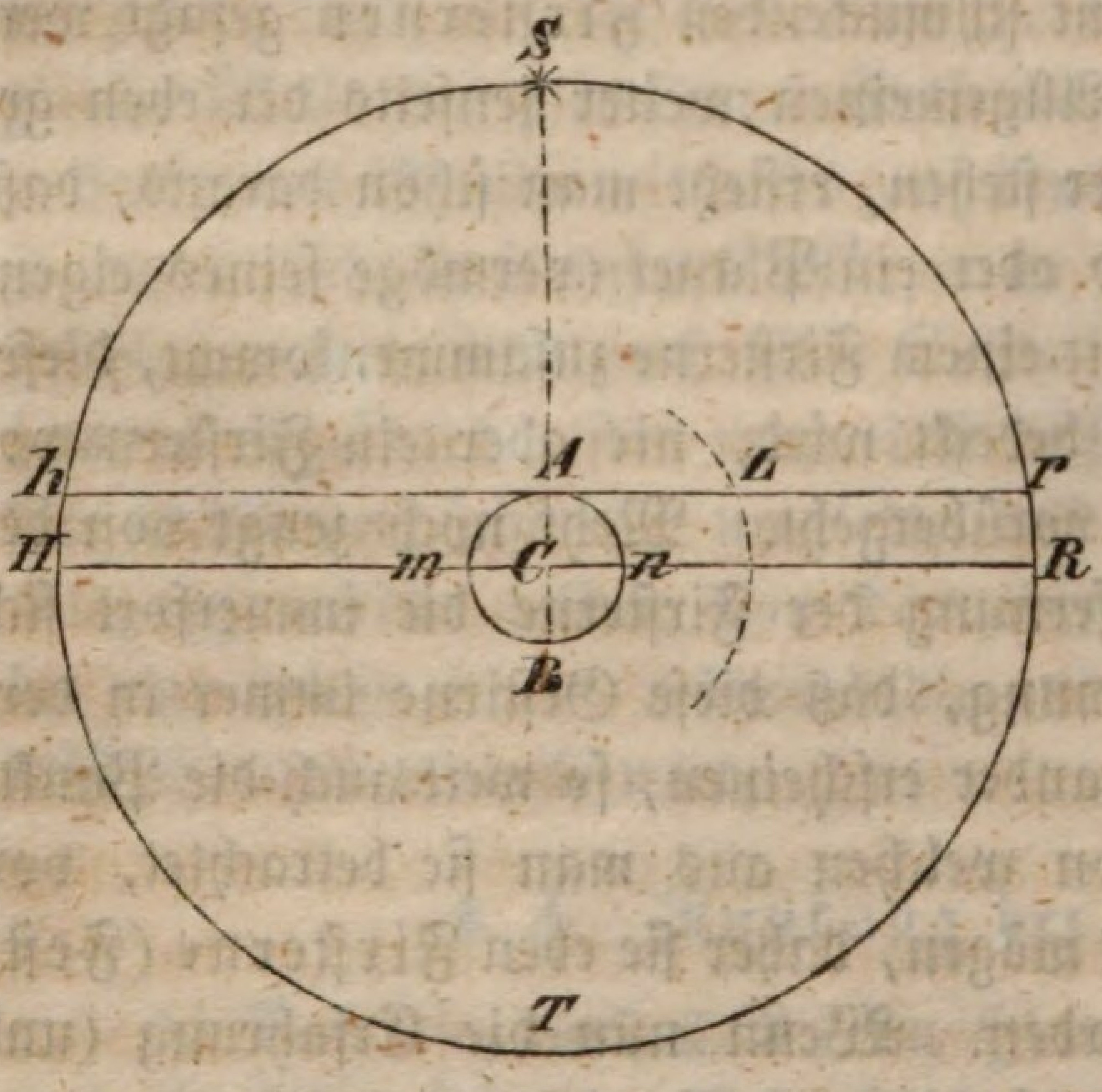
abgerundeter Körper sei, ergiebt sich nicht nur aus den bereits angedeuteten, vielfältig zu Wasser und zu Lande nach den verschiedensten Richtungen hin auf ihr und um sie gemachten Reisen (Umschiffungen von Ost nach West u. s. w.), namentlich aus der Erfahrung, daß, wenn ein Schiff auf der See sich vom Ufer entfernt, man zuerst den Körper (Rumpf) desselben (von unten herauf), zuletzt die Spitzen der Masten aus den Augen verliert, — sondern auch aus andern untrüglichen Wahrnehmungen, die zum Theil weiterhin erwähnt werden sollen. Für jetzt wollen wir diese Annahme von der Kugelgestalt der Erde (an der auch in der That heutiges Tages Niemand zweifelt) als bewiesen ansehen, und dagegen die Verhältnisse der Größe und Entfernung des Erdballs zu der der Himmelssphäre und der an ihr leuchtenden Gestirne im Allgemeinen in Erwägung ziehen.

b) Entfernung der Sterne. — Obschon, wie die neuere Astronomie lehrt und beweist, die Entfernung einiger dieser Gestirne, des Mondes, der Sonne und der Planeten 2c., meßbar ist, so kann dieß doch nicht von den in unzählbarer Menge das Firmament schmückenden Fixsternen gesagt werden. Daß diese im Allgemeinen weiter jenseits der eben gedachten Himmelskörper stehen, ersieht man schon daraus, daß, wenn z. B. der Mond oder ein Planet (vermöge seines eigenthümlichen Laufes) mit einem Fixsterne zusammenkommt, dieser vom Monde u. s. w. bedeckt wird, nie aber ein Fixstern vor dem Monde u. s. w. vorübergeht. Mehr noch zeugt von der überaus großen Entfernung der Fixsterne die immerfort sich erneuernde Wahrnehmung, daß diese Gestirne immer in derselben Lage gegen einander erscheinen, so weit auch die Punkte der Erdoberfläche, von welchen aus man sie betrachtet, von einander entfernt sein mögen, daher sie eben Fixsterne (Fest-sterne) genannt werden. Wenn nun die Erfahrung (und die Optik) lehrt, daß nahe, oder doch nicht weit von uns ent-

legene Gegenstände, z. B. Bäume, Thürme rc., aus verschiedenen Standpunkten betrachtet, immer einen andern Anblick gewähren und in einer veränderten Lage gegen einander erscheinen, daß hingegen bei Objekten, die so weit von uns entfernt sind, daß unsere Ortsveränderung in Vergleich mit ihrem Abstande von uns für sehr gering oder für Nichts geachtet werden kann, keine Veränderung ihrer gegenseitigen Lage wahrzunehmen ist; so müssen, da Letzteres bei den Firsternen der Fall ist, diese Himmelskörper so weit von uns entfernt sein, daß der größte Abstand der Oerter auf der Erde in Betracht der Entfernung der Firsterne von uns fast so gut wie für Nichts, also der Erdball nur wie ein Punkt in Vergleich damit anzusehen ist.

c) Scheinbarer und wahrer Horizont. — Die Vorstellung von dieser ungeheuern Entfernung der Firsterne führt uns noch zu einer Vervollständigung dessen, was oben (§. 1.) vom Horizonte gesagt ward.

Figur 1.



Es sei AB die Erdkugel, A der Standpunkt eines Beobachters auf derselben, und HSRTH die Himmelssphäre; es stelle ferner hAr die Horizontalebene vor, welche die Erdkugel am Standorte A berührt, und HCR eine mit hAr parallele Ebene, welche durch den Mittel-

punkt C der Erde geht. Weil nun der Bogen Rr oder Hh, wegen der unermeßlichen Entfernung der Fixsternsphäre, in Graden oder Gradtheilen berechnet, so wenig beträgt, daß er durch keine Beobachtung bestimmt oder nur bemerkt werden kann, so ist er für Nichts zu achten, und es fallen daher in Betracht des Fixsternhimmels beide Ebenen, welche man nun so unterscheidet, daß man hr den irdischen oder scheinbaren Horizont, HR den himmlischen oder den wahren Horizont nennt, so auch die um den Halbmesser der Erde AC von einander entfernten Punkte A und C, völlig zusammen, so daß man von jedem Punkte der Erdoberfläche aus die volle Hälfte der Himmelskugel, wie von A aus die Hälfte HSR, von B aus die Hälfte HTR, auf einmal übersieht.

Nur bei Himmelskörpern, die der Erde sehr nahe sind, wie beim Monde, beträgt Rr = Hh, d. h. der Unterschied zwischen dem wahren und dem scheinbaren Horizonte (vermöge dessen z. B. der Mond in A für uns erst aufgehen kann, wenn er r berührt, während ein viel fernerer Himmelskörper und namentlich ein Fixstern schon sichtbar wird, wenn er nach R gekommen ist) so viel, daß er beobachtet und berechnet werden kann.

§. 5. Größe der Erde.

So verschwindend klein der Erdball gegen die unermeßliche Ausdehnung der Fixsternsphäre ist, so bedeutsam ist doch dessen absolute Größe für uns, die Bewohner desselben, und wir können ohne eine zuverlässige Kenntniß dieser Größe viele der Aufgaben nicht lösen, welche die Astronomie sich zu stellen hat. Wie man zu einer solchen Kenntniß gelangen könne (und bereits gelangt sei), läßt sich für jetzt nicht begreiflich machen, und wir wollen daher vorläufig, allbekannten Angaben gemäß, den Durchmesser der Erde zu **1719**, und deren größten Umfang zu **5400** deutschen (geographischen) Meilen

annehmen.*) — Diese Größe ist bedeutend genug, theils um uns erklärlich zu machen, daß, trotz der Rundung der Erde, der Theil ihrer Oberfläche, den wir (bei ungehinderter Fernsicht) auf einmal übersehen (er verhält sich z. B. um den 10200 Fuß hohen Aetna herum zur ganzen Erdoberfläche wie 1 zu 4000; oder man übersieht von dem Gipfel dieses Berges $^1/_{4000}$ des Flächenraumes der ganzen Erde), uns als eine ebene Fläche (§. 1.) erscheint, theils um uns die Behauptung als gegründet erscheinen zu lassen, daß, wenn wir z. B. aus einer Kugel von 16 Zoll im Durchmesser ein richtiges Modell unsers Erdballs mit seinen Meeren, Ländern und Bergen machen wollten, die höchsten Berge nur durch eine Erhabenheit von nicht mehr als $^1/_{100}$ Zoll, oder durch die kleinsten sichtbaren Sandkörner dargestellt werden müßten.

§. 6. Atmosphäre der Erde.

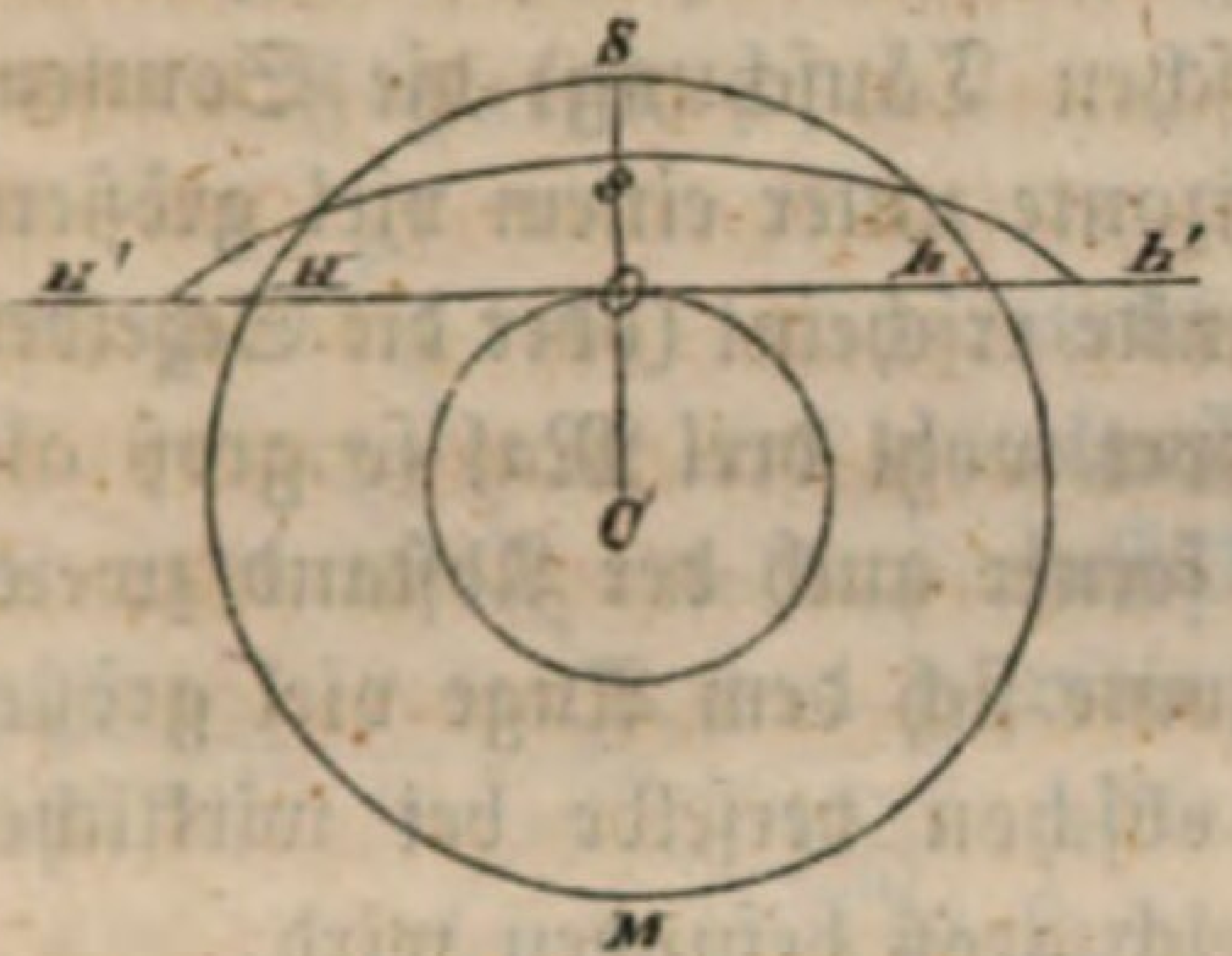
Als zum Erdball gehörig haben wir die denselben von allen Seiten umgebende feine, elastische und durchsichtige Flüssigkeit, welche wir den Luftkreis oder die Atmosphäre nennen (sie besteht, wie die Chemie zeigt, nach ihren wesentlichen Theilen aus einem Gemenge von 79 Procent Stickstoff-, und 21 Procent Sauerstoffluft), zu betrachten. Dieses Luftmeer, dessen Dichtigkeit und Schwere nach einem gewissen Gesetze (dem Mariotte'schen) von unten nach oben, man kann sagen schichtenweise, immer mehr abnimmt, mag sich etwa bis zu einer Höhe von 9 bis 10 Meilen (vergl. unten die Anmerk. zu 3.) erstrecken, was, verglichen mit dem Durchmesser der Erde (§. 5.), nur einen dünnen Ueberzug (eine schwache schaalenförmige Einhüllung) des Erdkörpers ausmacht. Diese Lufthülle ist indeß die Ursache mancher in der Astronomie

*) Das Nähere s. unten §. 57.

wichtiger Erscheinungen, von denen namentlich folgende bemerkenswerth sind:

1) Die eingedrückte (also nicht völlig kreisrunde) Gestalt des Himmelsgewölbes. — Diese erklärt sich am einfachsten auf folgende Weise:

Figur 2.



Die den Erdball concentrisch umgebende Luft (oder die Gesammtheit der nach oben immer dünner und leichter werdenden Luftschichten), deren obere Grenze ShMHS sein mag, wird, da wir uns nicht im Mittelpunkte C, sondern auf der Oberfläche O der durch den innern kleinern Kreis vorgestellten Erde (deren Halbmesser OC freilich als viel größer gegen die Höhe OS der Atmosphäre gedacht werden muß) befinden, durch unsern (scheinbaren) Horizont Hh in zwei ungleiche Hälften HSh und HMh abgetheilt. Diejenige Hälfte, welche über unserm Horizonte liegt, und deren Mittelpunkt in S, den Scheitelpunkt für O, fällt, hat, weil die durch die Atmosphäre uns zugesendeten Lichtstrahlen vom Horizonte her einen längern Weg zurückzulegen haben, als vom Scheitelpunkte her, nach der erstern Richtung eine größere Ausdehnung, als nach der letztern. Hierzu kommt noch die lange Reihe der zwischen uns und dem Horizonte sich zeigenden Gegenstände, welche uns unwillkürlich die scheinbare Entfernung desjenigen Theils des Himmels, den wir jenseits der deutlich wahrgenommenen Gegenstände sehen, in Gedanken vergrößern läßt, wohingegen der über unserm Haupte befindliche Theil des Firmaments uns näher vorkommen muß, weil zwischen demselben und unserm Auge,

zumal bei heiterer Luft, sich keine Gegenstände in einer Reihenfolge darbieten, nach der wir dessen wahre Entfernung schätzen könnten. Diese beiden Ursachen machen denn nun: daß uns die sichtbare Hälfte der Himmelssphäre als ein flaches (abgeplattetes) Gewölbe, etwa wie H's h', erscheint, dessen Mittelpunkt tief unter unsern Füßen liegt. Der Horizontal-Durchmesser H'h' dieses abgeplatteten Himmelsgewölbes verhält sich zum verticalen O s etwa wie 5 zu 1, so daß daher auch (in Folge derselben optischen Täuschung) die Sonnen- und Vollmondsscheibe im Horizonte unter einem viel größern Durchmesser als im Scheitelpunkte erscheint (oder die Scheiben der Sonne und des Mondes dort wohl drei Mal so groß als hier gesehen werden), — daß ferner auch der Abstand zweier Sterne von einander im Horizonte sich dem Auge viel größer zeigt als im Scheitelpunkte, obschon derselbe bei wirklicher Messung an beiden Stellen gleich groß befunden wird.

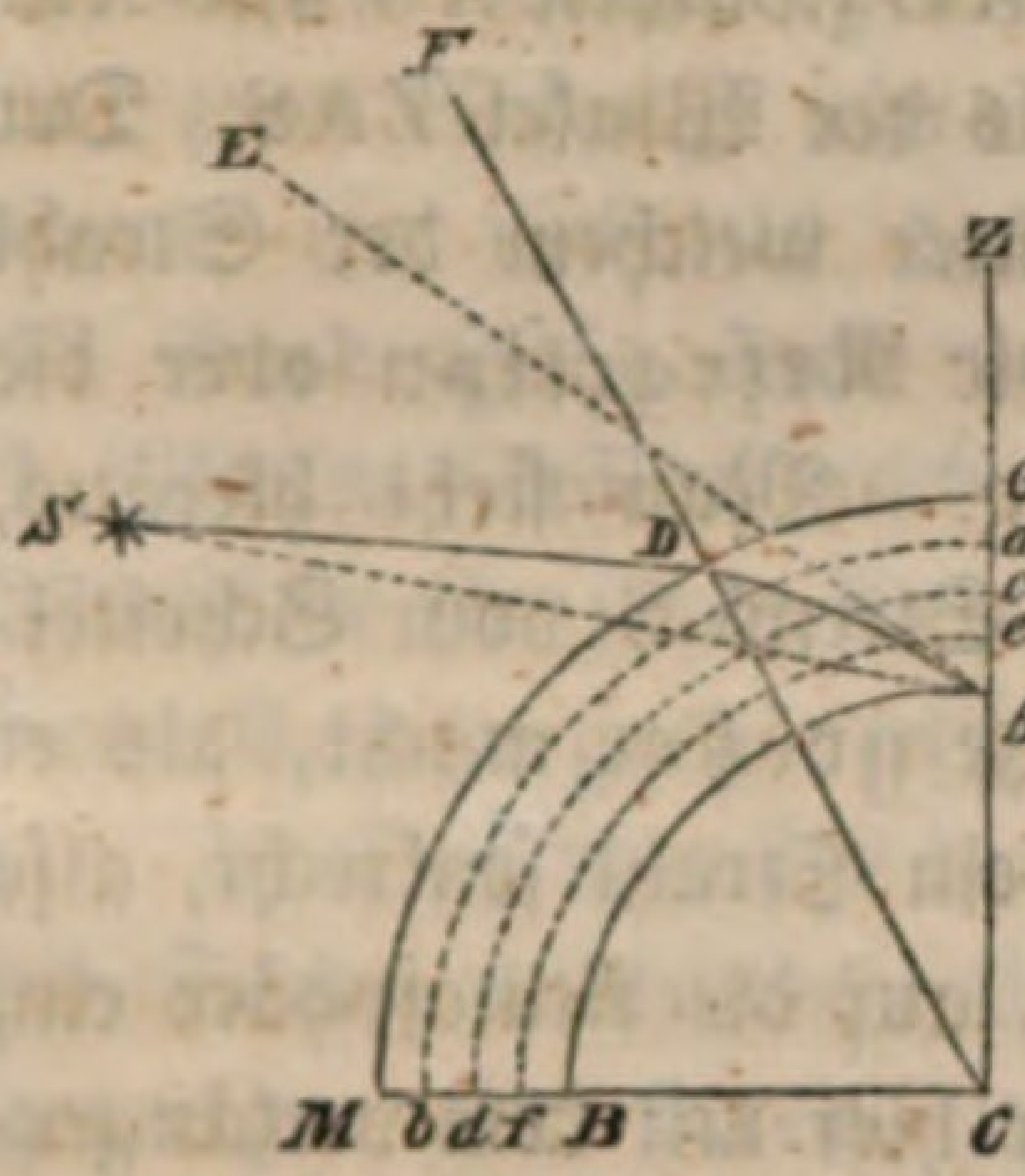
2) Die blaue Farbe des Himmels. — Diese ist eine Wirkung des durch den Luftkreis gehenden Lichtes der Sonne und der übrigen Gestirne. Wie uns nämlich entlegene Berge, Waldungen u. s. w. darum blau (gleichsam in einem bläulichen Dufte schwimmend) erscheinen, weil die große Masse erleuchteter Luft, die zwischen ihnen und uns liegt, im Auge die Empfindung der blauen Farbe, die also den Lufttheilen eigenthümlich sein muß, erregt; so muß sich auch der weite Himmelsraum in dieser Farbe uns zeigen, indem die nach allen Seiten uns umgebende Luft ihm dieselbe verleiht. — Je dünner, in den höhern Regionen der Atmosphäre, die Luft wird, desto weniger kann sie sich in blauer Färbung zeigen; daher sieht der Himmel auf den Gipfeln der höchsten Berge fast ganz schwarz aus, weil dort die Luft zu dünn ist, als daß sie die blauen Strahlen noch merklich reflectiren könnte.

3) Die Reflexion (Zurückwerfung) der Lichtstrahlen in der Luft ist auch (in Verbindung mit der Refraction, s. 4.)

die Ursache der, sanft von der Nacht zum Tage und vom Tage zur Nacht überleitenden, **Morgen- und Abenddämmerung** *), so wie des **Tageslichtes**, das auch da, wo die Sonne nicht unmittelbar hinscheinen kann, die nöthige Helligkeit verbreitet. — Die für die Astronomie wichtigste Erscheinung, welche von der Atmosphäre bewirkt wird, ist jedoch

4) Die **Refraction** (astronomische Strahlenbrechung), mit der es im Wesentlichen folgende Bewandtniß hat:

Figur 3.



a) Wenn, nach Figur 3, in welcher AB einen Theil der Erdoberfläche, GDMBAG den oberhalb desselben befindlichen Theil des aus vielen concentrischen Schichten ABfeA, efdc, cdba u.s.w. bestehenden Luftkreises, C den Mittelpunkt der Erde, AZ die Scheitellinie des Ortes A vorstellt, — ein Lichtstrahl SD von dem Sterne S her, aus dem (wo nicht leeren, doch mit einer unvergleichbar dünnern oder feinern Materie erfüllten) Weltraume, schief auf die äußerste Grenze D der Atmosphäre auffällt, so wird er in D (nach einem aus der Naturlehre bekannten Gesetze der Brechung der aus einem dünnern in ein dichteres Mittel übergehenden Lichtstrahlen) nach dem Einfallslothe FD hin gebrochen, so jedoch, daß er von einer durch CDS gelegten Ebene (der Brechungsebene) nicht abweicht. Da die Atmosphäre ihre Dichtigkeit von

*) Aus vielfältigen Beobachtungen hat sich ergeben, daß die letzten Spuren der Dämmerung verschwinden, wenn die Sonne 18 Grad tief unter den Horizont hinabgesunken ist, und eben hieraus hat man berechnet, daß derjenige Theil der Atmosphäre, dessen Schichten noch dicht genug sind, um Sonnenlicht zu reflectiren, sich bis zu einer Höhe von 9 bis 10 Meilen erstreckt.

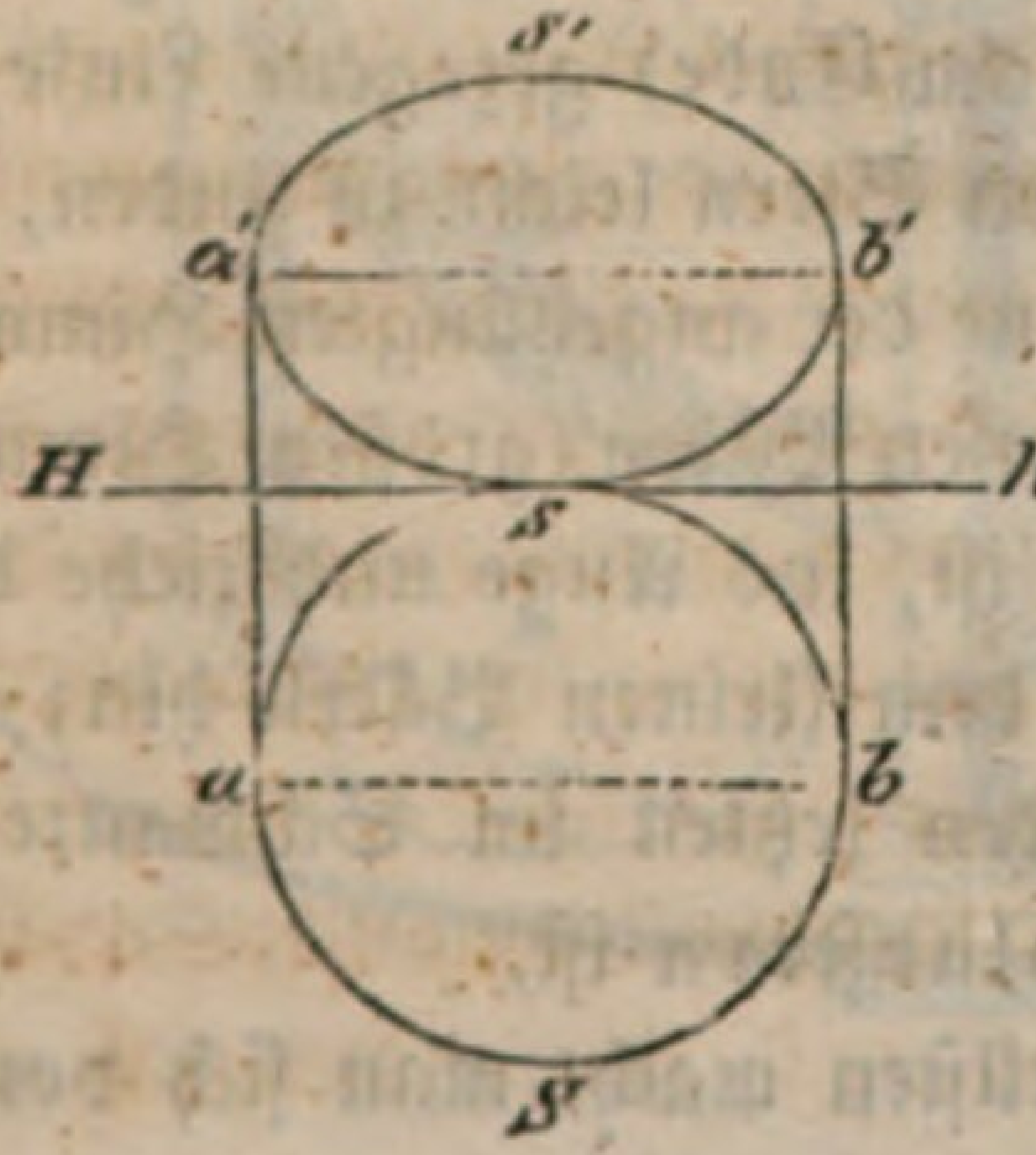
D bis A in unzählichen Uebergängen ändert, folglich der Strahl bei jedem Fortgange (aus einer dünnern in eine dichtere Schicht) aufs Neue gebrochen wird, also seine Richtung unaufhörlich ändert, so ist die Bahn des Strahls von D bis A eine krumme Linie, die, weil die Brechung nach dem Einfallslothe FDC hin geschieht, nach C hin hohl ist. Das Auge in A erblickt nun den Stern in der Richtung, die der Strahl zuletzt hatte, mathematisch gesprochen, in der Tangente oder Berührungslinie AE der krummen Linie DA; und da diese letztere gegen C hin hohl ist, so fällt AE zwischen AS und AZ. Daher ist der Winkel ZAE kleiner als der Winkel ZAS. Der Unterschied dieser beiden Winkel, unter welchem der Strahl nach der Brechung erscheint, heißt die Refraction oder die astronomische Strahlenbrechung. Man sieht hieraus, daß die Refraction den Abstand des Sterns S vom Scheitelpunkte Z kleiner, folglich seine Höhe größer macht, als er ohne Brechung sein würde. — Fällt ein Strahl senkrecht, also nach der Figur in der Richtung ZA, auf die Atmosphäre ein, so geht er ungebrochen durch, weil er hier mit dem verlängerten Halbmesser der Erde, also mit dem Einfallslothe zusammenfällt; je schräger (schiefer) er dagegen auffällt, desto stärker wird er gebrochen. Daher ist die Refraction im Horizonte am größten, nimmt von da an nach dem Scheitelpunkte immer mehr ab, und hört in diesem gänzlich auf.

Vermöge der Refraction sieht man kein Gestirn, das nicht im oder ganz nahe beim Scheitelpunkte des Himmels steht, an seinem wahren Orte, und es ist daher nöthig, daß man den Betrag dieser Verrückung kenne, um darnach den scheinbaren Ort eines Sterns in den wahren verwandeln und letztern im Sternverzeichnisse richtig eintragen (auch auf dem künstlichen Globus richtig verzeichnen) zu können. So schwierig es nun auch ist, die Refraction für jede Höhe über dem Horizonte mit vollkommener Schärfe und Zuverlässigkeit auszu-

mitteln (da hierbei die veränderliche Temperatur und Dichtigkeit der Luftschichten und andere Umstände sorgfältig in Betracht zu ziehen sind), so hat doch der Fleiß und der Scharfsinn der Physiker und der Astronomen auch hier viel geleistet und es dahin gebracht, daß man jetzt Refractionstafeln hat, vermittelst deren man die beobachteten (scheinbaren) Höhen aller Gestirne mit zufriedenstellender Genauigkeit auf die wahren reduciren kann. Nach diesen Tafeln beträgt die (mittlere) Größe der Strahlenbrechung (von der jedoch noch zu bemerken ist, daß sie keinesweges in gleichem Verhältnisse mit der Höhe, und zwar Anfangs sehr rasch, abnimmt) am Horizonte 32 Minuten (so viel als der scheinbare Sonnendurchmesser), in 12 Grad Höhe etwa nach 6 Minuten, in 45 Grad Höhe 1 Minute; näher nach dem Scheitelpunkte hin beträgt ihre Abnahme für jeden Grad etwa 1 Secunde, bis sie, wie schon bemerkt, dort ganz verschwindet.

b) Daß vermöge der Refraction nahe über dem Horizonte die Sonne und andere Gestirne, die noch nicht eigentlich aufgegangen oder bereits untergegangen sind, schon (oder noch) gesehen werden, wird man sich nun eben so leicht erklären können, wie die bekannte Wahrnehmung, nach welcher die Sonnen- und die Mondscheibe beim Auf- und Untergehen nicht als Kreise, sondern als etwas plattgedrückte (elliptisch geformte) Körper erscheinen. Es sei, was diese letztere Erscheinung betrifft, H h der Horizont, und die Sonne berühre denselben mit ihrem obern Rande s. Der untere Rand S wird um den vollen Durchmesser S s (also bis s, was nach Obigem etwas über $1/2^0$ beträgt), der obere s aber nur

Figur 4.



bis s' gehoben, und so entsteht, da die Seitenränder a, b in verticaler, folglich nahe paralleler Richtung gehoben werden, die Figur a's'b's a', die vom Kreise asbSa so viel abweicht, als der Unterschied der Refractionen für den untern und den obern Sonnenrand beträgt.

c) Bemerkt werde hierbei noch, daß, da die Refraction den Sonnenuntergang verspätet und den Aufgang früher herbeiführt, hierdurch die Dauer des Tages direct verlängert wird, während die Dämmerung ihrerseits die eigentliche dunkle Nacht um ein Beträchtliches verkürzt, so daß in allen Erdgegenden, wenn man auf das Jahr im Ganzen sieht, viel mehr Tag als Nacht ist.

§. 7. Die künstliche Himmelskugel.

Wir kehren nun nach diesen Erläuterungen (§. 3. bis 6.), welche für das Folgende nöthig waren, zu den himmlischen Bewegungen (§. 2. f.) zurück.

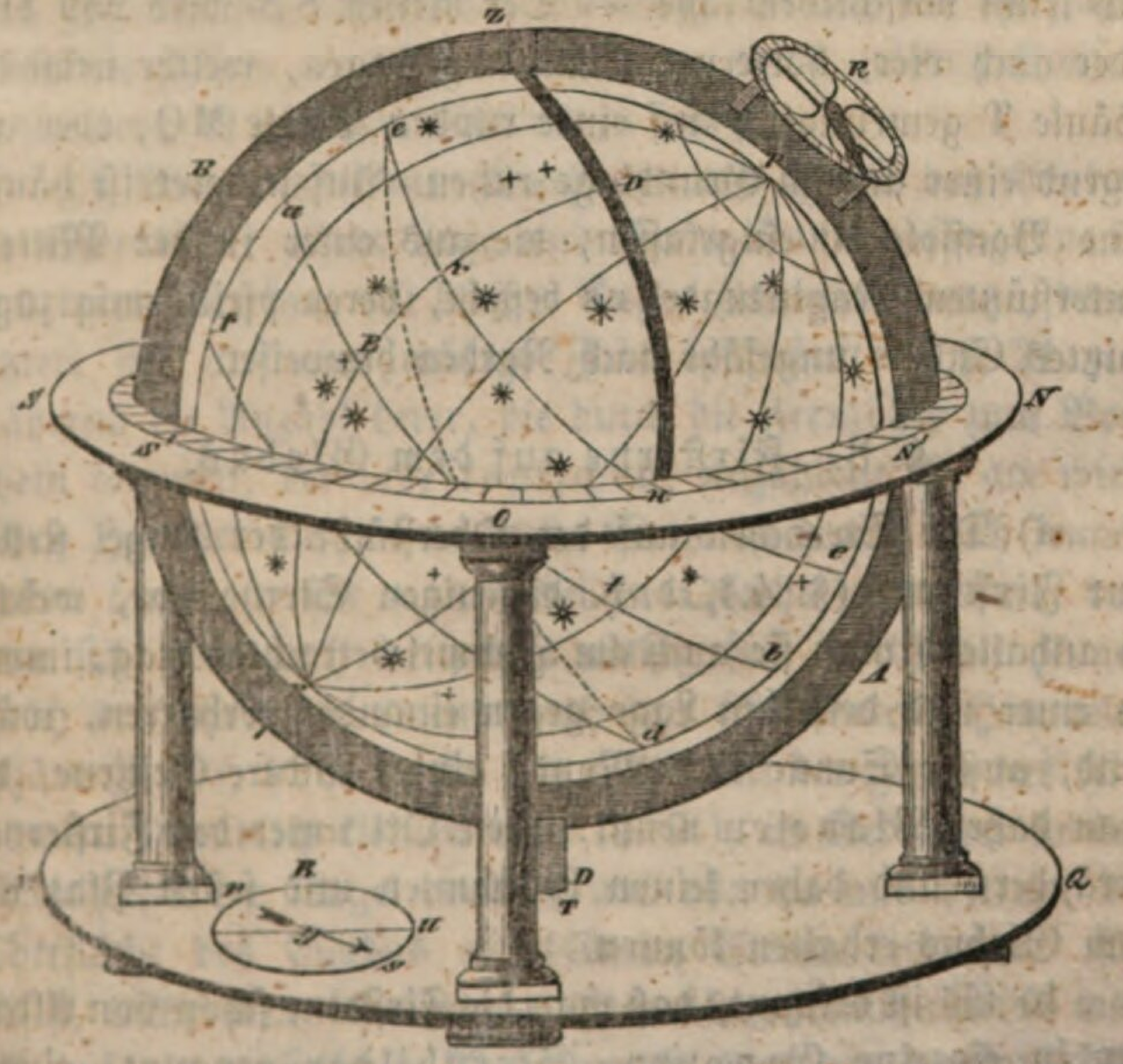
a) Die tägliche Bewegung der Gestirne, wie wir sie (nach §. 2. und 3.) von unserm nördlichen Standpunkte aus (um bei diesem fürerst stehen zu bleiben) beobachten, geschieht so, als ob die gestirnte, große Himmelskugel sich um uns, oder, was eben so viel sagen will, um den Mittelpunkt unserer Erdkugel, wie um eine Axe, d. h. um eine von unserm Standorte nach einem unbeweglichen Punkte des nördlichen Himmels nahe bei dem Polarsterne (§. 2. am Ende) gezogene Linie, sich drehe. — Um diesen merkwürdigen Stern leicht zu finden, fasse man zuerst (in der nördlichen Zone der angehängten Himmelscharte) die Sterne β und α im großen Bären (großem Himmelswagen), der Jedermann bekannt ist, ins Auge und ziehe durch dieselben eine gerade Linie nach dem kleinen Bären hin; diese trifft nahe auf den Stern α (den letzten im Schwanze des kleinen Bären), welches der Polarstern ist.

b) Am leichtesten und schnellsten macht man sich von der

täglichen Bewegung und dem, was davon abhängt, eine deutliche Vorstellung vermittelst einer künstlichen Himmelskugel (eines Himmelsglobus), als welche im Kleinen ersehen läßt, was sich am wirklichen Himmel, den nicht Jedermann während einer zu vollständiger Wahrnehmung der fraglichen Erscheinungen erforderlichen Zeit zu beobachten Gelegenheit hat, zur Betrachtung darbietet. Dieses Hülfsmittel sollte keinem Liebhaber der Sternkunde fehlen; hier soll eine Abbildung aushelfen, bei der wir uns die wirkliche Himmelskugel so vergegenwärtigen wollen, als sähen wir Alles, was nun erklärt werden wird, an letzterer selbst vorgehen.

Was zuerst die allgemeine Einrichtung des Globus betrifft, so diene Folgendes zu nöthigster Erläuterung:

Figur 5.



Die Kugel hängt mittelst zweier Stifte bei P und p in einem messingenem Ringe (Reifen) AB, dessen innerer Durchmesser etwas größer ist als der der Kugel, so daß diese sich ohne Reibung an dem Ringe, und zwar zugleich mit dem Stifte herumdrehen läßt. An dem Stifte P ist oberhalb des Ringes, durch welchen er hindurch geht, ein dünner Zeiger befestigt, der beim Umdrehen der Kugel einen kleinen, in zweimal 12 Stunden eingetheilten, messingenen Ring R, den Stundenring, durchläuft. Der große Ring AB ruht auf einer kleinen Säule T, welche zu diesem Ende einen Einschnitt hat, so daß eine Hälfte des Ringes und der Kugel über einen andern, und zwar hölzernen, etwas breiten Reifen SN hervorragt. Dieser hat auch Einschnitte bei S'N', damit der Ring AB in denselben und in dem Einschnitte der Säule T sich leicht vorschieben lasse. — Der Reifen SN wird von drei, oder auch vier, hölzernen Säulen getragen, welche nebst der Säule T gemeiniglich auf einer runden Platte MQ, oder auf irgend einer andern Grundlage ruhen. Auf letzterer ist häufig eine Boussole R' eingelassen, die aus einer in der Mitte y unterstützten Magnetnadel rs besteht, deren pfeilförmig zugespitztes Ende s ungefähr nach Norden hinweiset.

§. 8. Fixsterne auf dem Globus.

a) Die Sternchen auf der Oberfläche der Kugel stellen nur Fixsterne (§. 4.), d. h. diejenigen Sterne vor, welche, so anhaltend man sie auch am Himmel betrachten mag, immer in einer und derselben Lage gegen einander verharren, während, außer Sonne und Mond, einige andere Gestirne, die man daher Planeten nennt, ihren Ort unter den Fixsternen verändern und daher keinen bestimmten und festen Platz auf dem Globus erhalten können.

b) Es ist bekannt, daß man die Fixsterne schon von Alters her in einzelne Gruppen, Sternbilder genannt, einge-

theilt hat, so daß zu jeder dieser Gruppen eine gewisse Anzahl, auf einem größern oder kleinern Raum bei und neben einander stehender, Sterne gerechnet wird. Die einzelnen Sterne solcher Gruppen (z. B. des großen und des kleinen Bären, der Jungfrau, des Orion, der Leier u. s. w.) werden, nach ihrem verschiedenen Glanze, Sterne der ersten, zweiten, dritten u. s. w. Größe genannt, zum Theil auch mit besondern Namen (z. B. Polarstern, Arcturus, Sirius, Regulus, Algol u. s. w.) benannt, alle aber von den Astronomen mit griechischen und lateinischen Buchstaben bezeichnet. Die meisten jener Sternbilder, und viele dieser Namen findet man auf dem Globus (alle aber in Himmelskarten und in Sternverzeichnissen). Auch die Milchstraße, d. h. jener große, lichtschimmernde, in stark vergrößernden Fernröhren in eine unzählbare Menge von Sternen sich auflösende, Streifen, der sich um die ganze Himmelssphäre, ziemlich in der Lage eines größten Kreises, herumzieht, ist auf dem Globus zu sehen.

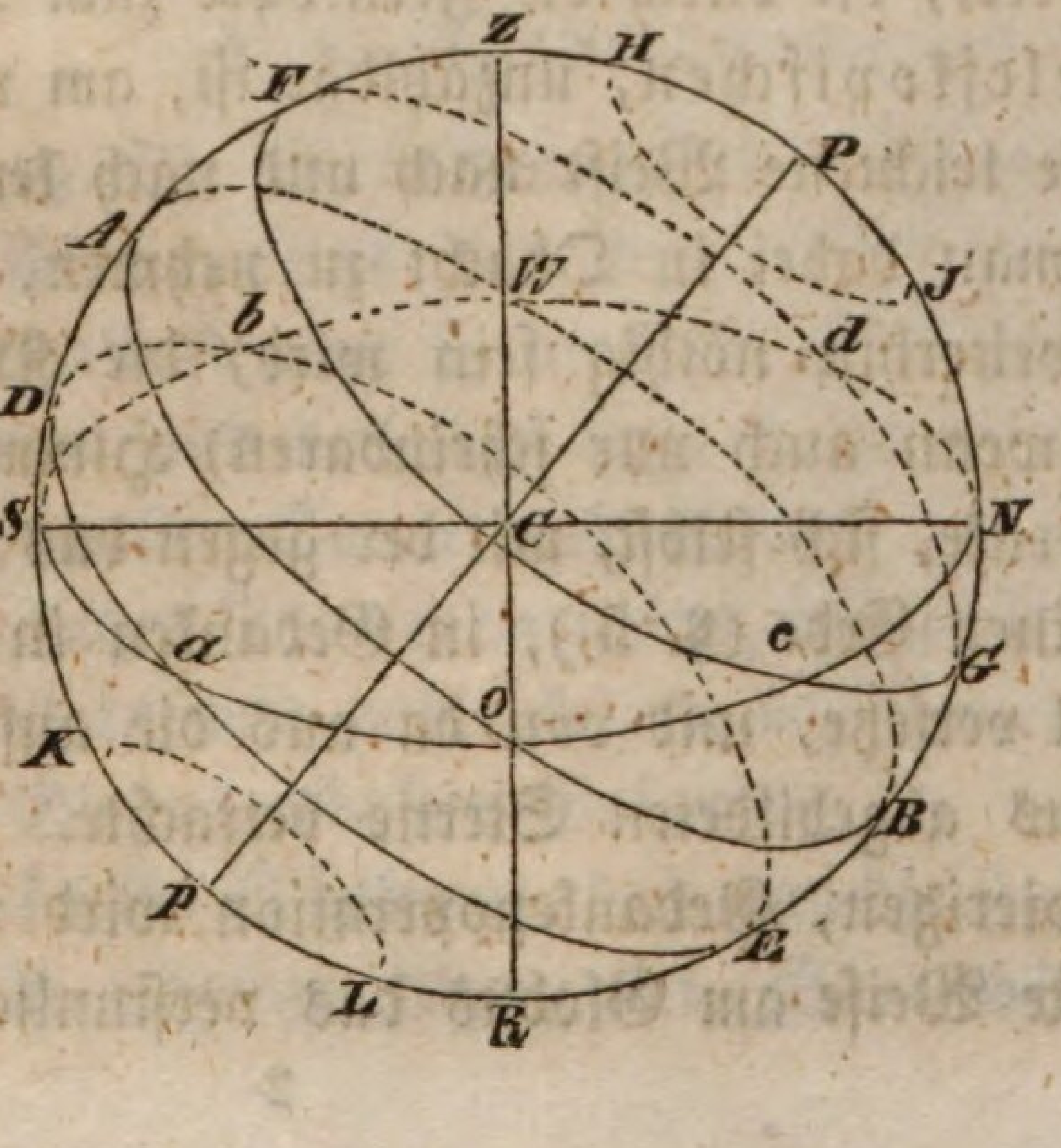
c) Wenn man nun überhaupt mit Hülfe des Globus die Sternbilder (ihrer Lage und ihrem Raumumfange nach) und deren einzelne, mit bloßen Augen sichtbare Sterne, deren letztere sich auf eine mäßige Zahl beschränkt (s. §. 21. a.), während die Anzahl derer, die durch die Fernröhre zum Vorschein kommen, der teleskopischen, unzählbar ist, am wirklichen Himmel auf die leichteste Weise nach und nach kennen lernen kann; so hat man dabei in Obacht zu nehmen, daß man sich (wie auch weiterhin nöthig sein wird) die Kugel, gleich der wirklichen (wenn auch nur scheinbaren) Himmelssphäre (§. 3.), hohl denke, sich selbst, mit der gegen das Firmament unendlich kleinen Erde (§. 5.), in Gedanken in den Mittelpunkt der Kugel versetze, und von da aus die auf der Oberfläche des Globus abgebildeten Sterne betrachte. Bei dieser, nicht eben schwierigen, Gedankenoperation wird man sich auf die natürlichste Weise am Globus das versinnlichen,

was man an dem Himmel kennen zu lernen beabsichtigt. Darf, ja muß man übrigens annehmen, daß die Sterne nicht in gleichen, sondern in sehr verschiedenen Entfernungen von uns stehen, und daß diese nur darum uns bei allen gleich zu sein scheinen, weil bei den ungeheuern Abständen der Fixsterne eine Verschiedenheit in deren Entfernungen durch den bloßen Anblick der Sinne nicht wahrgenommen werden kann, und ist man hiernach berechtigt, hier, wo es nur auf eine Erklärung der allgemeinen Erscheinungen ankommt, den mit Sternen erfüllten Weltraum sich als eine hohle Kugel von ganz unbestimmtem Durchmesser, an deren inwendiger Fläche wir die Gestirne gleichsam wie angeheftet erblicken (daher eben der Name Firmament), vorzustellen; so haben wir es auch als eine natürliche und zweckmäßige Einrichtung des künstlichen Himmelsglobus anzusehen, daß die Sterngruppen und einzelnen Sterne auf einer und derselben sphärischen Oberfläche desselben abgebildet sind, gleichsam als wären sie alle gleichweit vom Mittelpunkte der Kugel entfernt.

§. 9. Kreise auf dem Globus.

a) Bei der täglichen Umdrehung der Himmelskugel ist P (Fig. 6.) der in §. 2., u. §. 7. a. erwähnte unbewegliche Punkt. Er heißt der Nordpol des Himmels. Der ihm entgegengesetzte Punkt p ist der Südpol. Zwischen beiden liegt die Axe des Himmels (Weltaxe) Pp. Der Reifen SN auf dem Globus (F. 5.),

Figur 6.



oder die länglich runde Figur NOSWN in Figur 6. stellt den **Horizont** (§. 1. und 4. c.) vor, welcher den für uns sichtbaren Theil des Himmels von dem darunter liegenden unsichtbaren abschneidet. Der Punkt Z, der gerade über unserm Haupte am Himmel sich befindet, heißt das **Zenith**, so wie der entgegengesetzte R (Fig. 6.), unter unsern Füßen, das **Nadir**; beide Punkte, 90° vom Horizont entfernt, nennt man auch die **Pole**, so wie die Linie ZR die **Axe des Horizonts**.

b) Der Ring AB (Fig. 5.), oder der Kreis PZpNP (Fig. 6.), welcher durch die Pole und durch das Zenith geht, heißt der **Meridian**, oder der **Mittagskreis** (weil die Sonne zu Mittage sich in ihm befindet, oder durch diesen Kreis, den man sich als **feststehend** denkt, geht). Jedes Gestirn hat seinen höchsten Punkt über dem Horizont erreicht, oder **culminirt**, wenn es im Meridian steht, oder eben durch den Meridian geht. Man findet aber auch auf der Oberfläche der künstlichen Himmelskugel (Fig. 5.) selbst mehrere, durch die Pole gehende, Kreise, welche man ebenfalls Meridiane nennt, weil sie mit den Sternen, durch welche sie gezogen sind, bei der Umdrehung der Himmelskugel, einer nach dem andern, wenn sie **culminiren**, unter dem feststehenden Meridian sich gleichsam hindurch schieben. Solcher Meridiane kann man sich also so viele, als man will, am Himmel gezogen denken; am Globus sieht man sie gemeiniglich von 10 zu 10 Grad gezeichnet (was man am Besten an dem in §. 10. näher zu beschreibenden Aequator, durch welchen sie senkrecht gehen, und der in Grade eingetheilt ist, erkennen kann). Die Durchschnittspunkte S′, N′ des Meridians (Fig. 5.) mit dem Horizont SN heißen jener **Süd**, dieser **Nord**. Die beiden zwischen ihnen in der Mitte liegenden, um 90° von jedem entfernten, Punkte OW des Horizonts (Fig. 6.) heißen **Ost** und **West** (alle 4 Punkte machen die **vier Hauptwelt-**

gegenden aus). — Die gerade Linie von S nach N, als der Durchschnitt SN (Fig. 6.) der Meridianfläche mit der Horizontalfläche eines Orts, heißt die Mittagslinie. Nach dieser muß man den Globus (Fig. 5.) stellen, so daß die Linie durch S′, N′ (oder deren Verlängerung) mit der Mittagslinie zusammenfällt, welches man, zu gewöhnlichem Gebrauche, dadurch bewerkstelligen kann, daß man die etwa im Gestell des Globus eingelassene Boussole R′ behutsam mit dem Gestelle so lange links und rechts dreht, bis das nördliche Ende ys der Magnetnadel rs mit dem nördlichen Ende einer auf der Grundlage MQ parallel mit S′N′ gezogenen geraden Linie einen Winkel uys mache, welcher der westlichen Abweichung der Magnetnadel, die gegenwärtig in Dresden 18 bis 19 Grade beträgt, gleich sei. Gedachter Winkel wird an dem Bogen us erkannt, dessen Grade auf einem in der Boussolen-Büchse befestigten Ringe, welcher y zum Mittelpunkte hat, verzeichnet stehen.

§. 10. Aequator und Parallele.

a) Halbirt man die beiden Halbkreise des Meridians PZSp und PNEp (Fig. 6.) in A und B, und legt man durch diese Punkte einen durch den Mittelpunkt C gehenden Kreis AOBW (auf dem Globus in Fig. 5. aOb), dessen Ebene auf die Axe Pp senkrecht steht, so theilt derselbe die Himmelskugel in zwei gleiche Theile, in die nördliche Halbkugel auf der Seite des Nordpols P, und die südliche auf der Seite des Südpols p. Er heißt der himmlische Aequator, nicht wegen ebengedachter Halbirung, sondern darum, weil, wenn die Sonne sich in ihm befindet, Tag- und Nachtlänge einander gleich sind. Er ist überall 90° von den Polen entfernt. Die kleinern, mit ihm parallel liegenden, Kreise, wie ce, fd, (auf dem Globus, Fig. 5.) heißen Parallelkreise. Man pflegt solche Kreislinien in Abständen von

10 zu 10° auf der Himmelskugel zu ziehen. Jedes Gestirn beschreibt bei der täglichen Umdrehung des Himmels (des Globus, von Ost über Süd nach West) den Aequator, oder einen Parallelkreis, und zwar mit beständiger Gleichförmigkeit, d. h. so, daß in jedem gleichen Zeittheile, z. B. in einer Minute, ein gleich großes Bogenstück beschrieben wird. Alle diese Kreise (der Aequator und die Parallelkreise) heißen, weil jeder in der Zeit eines Tages von den sie durchlaufenden Himmelskörpern beschrieben wird, auch Tageskreise. Ihre Ebenen sind alle gegen die Himmelsaxe, wie der Globus deutlich zeigt, senkrecht, in unsern nördlichen Gegenden aber gegen den Horizont schräg gerichtet (vergl. §. 2.).

b) Die Gestirne, die sich im Aequator bewegen, halten sich bei dem täglichen Umlaufe eben so lange über, als unter dem Horizonte auf, weil der Aequator vom Horizonte in O und W (Fig. 6.) halbirt wird, oder ihr Tag- und ihr Nacht-Bogen sind sich gleich. Die auf einem südlichen Parallelkreise, wie EbDaE, sich bewegenden Gestirne haben ungleiche Tag- und Nachtbogen, d. h. sie sind eine längere Zeit unsichtbar als sichtbar, weil der Bogen bEa unter dem Horizont größer ist, als der über demselben liegende aDb; bei den einen nördlichen Parallelkreis, wie GcFdG, durchlaufenden Himmelskörpern, findet das Gegentheil Statt, weil hier der Bogen cFd oberhalb des Horizonts größer ist, als der Bogen dGc unter demselben. Es kann auch ein Gestirn beständig über dem Horizont bleiben (§. 2.), wenn der Parallelkreis HJ dem Pole P so nahe liegt, daß er vom Horizont nicht geschnitten wird, so wie dasselbe aus einer ähnlichen Ursache niemals über den Horizont des Orts hervorkommen kann, wenn es einen Parallelkreis wie KL beschreibt.

Unter den in §. 9. und 10. genannten himmlischen Kreisen sind nur der Horizont, der Meridian und der Aequator größte Kreise, d. h. solche Kreise, deren Ebenen durch

den Mittelpunkt der Kugel gehen, und die daher auch alle drei in ihren Durchschnittspunkten einander halbiren. Von denselben ist einzig und allein der Horizont am wirklichen Himmel sinnlich-wahrnehmbar; die zwei übrigen, der Meridian und der Aequator können (wie jeder Parallelkreis des letztern) mit Augen nur am künstlichen Globus, am Himmel selbst aber nur mit der Einbildungskraft (wiewohl in völlig bestimmter Lage) gesehen werden.

c) Die tägliche Bewegung der Gestirne kann man sich nun, nach dem Bisherigen, am Globus völlig klar machen. Wenn man nämlich die nach §. 9. gestellte Kugel (Fig. 5.) so um ihre Axe dreht, daß die obersten Punkte von Osten nach Westen gehen (wobei man sich vor den Südpunkt des Horizontreifens zu stellen hat), so sieht man, wie die Sterne in der Umgegend des Nordpols nie unter den Horizont kommen, die Sterne um den Südpol hingegen nie über denselben heraufsteigen, die übrigen aber bald über, bald unter dem Horizonte sind (§. 2. und 3.); wie ein Stern, wenn er am östlichen Horizont erscheint, aufgeht, und, wenn er den westlichen Horizont erreicht hat, untergeht; wie in der Mitte zwischen dem Aufgang und Untergang der Stern sich in der Ebene des Meridians befindet (durch den Meridian geht) oder culminirt; wie die Sterne in der Nähe des bei uns sichtbaren Pols (des Nordpols) in 24 Stunden zwei Mal durch den Meridian gehen, das eine Mal über, das andere Mal (nach 12 Stunden) unter dem Pole culminiren (obere und untere Culmination; von denen jedoch gemeiniglich nur die obere schlechthin den Namen der Culmination beibehält) u. s. w.

d) Bei dieser Umdrehungsbewegung des Globus ist auch noch von dem Stundenringe R (Fig. 5.; vergl. §. 7. b.) nützlicher Gebrauch zu machen. Es werden nämlich durch den Zeiger auf diesem Ringe (Zifferblatte) die 24 Stunden

angedeutet, während welcher der Himmel sich ein Mal ganz um seine Axe herumdreht. Die Ziffern rechter Hand, wenn man vor dem Ringe steht, zeigen die Stunden von Mitternacht bis Mittag, die linker Hand stehenden die Stunden von Mittag bis Mitternacht an. Der Zeiger läßt sich drehen und auf jede Stunde stellen. Gesetzt nun, man wisse, zu welcher Stunde ein gewisser Stern durch den Meridian geht, so darf man erstern nur an den messingenen Meridian bringen, die Kugel festhalten und den Zeiger auf die bewußte Stunde stellen. Wenn man alsdann die Kugel dreht, und auf den Zeiger Acht giebt, so wird man sehen, wie der Stern zu jeder gegebenen Stunde desselben Tages oder in der darauf folgenden Nacht steht. Da nun die Sterne ihre Tageskreise mit vollkommener Gleichförmigkeit durchlaufen, folglich in 24 Stunden 360° zurücklegen, so beträgt dieß in einer Stunde 15°, und, da der Zifferring (außer der Stundeneintheilung) von 15 zu 15° getheilt ist, so entspricht jeder solcher Theil einer Stunde, in Zeit gerechnet. Jede Zeitminute erfordert $^{15}/_{60} = ^{1}/_{4}{}^{0}$, jede Zeitsecunde $^{1}/_{4}$ Gradminute u. s. w.

§. 11. Pol- und Aequatorhöhe.

a) Der Bogen PN′, oder die Entfernung des Nordpols vom Horizonte (Fig. 5.), oder der Winkel PCN (Fig. 6.), den die Himmelsaxe mit dem Horizonte macht (welcher jenem Bogen gleich ist), heißt die Polhöhe, und der Bogen SA (Fig. 6.) die Aequatorhöhe. Beide Bogen machen zusammen 90° aus, weil AP ein Quadrant (Viertelskreis) ist. Der Bogen AZ vom Aequator bis zum Zenith ist dem Bogen PN oder der Polhöhe gleich, weil auch diese beiden Bogen mit ZP einen Quadranten ausmachen. — Wenn demnach die Polhöhe von Dresden 51° 2′ 50″ beträgt, so ist die Aequatorhöhe daselbst 38° 57′ 10″.

b) Kennt man nun die Polhöhe eines Ortes, so muß man hiernach auch den künstlichen Globus (Fig. 5.) stellen, so nämlich, daß der Bogen P N′ gerade so viel betrage, als die bekannte Polhöhe. Dieß läßt sich leicht bewerkstelligen; denn der messingene Meridian ist zu diesem Behufe in Grade abgetheilt, die vom Pole P abwärts gezählt werden. Dreht man nun den ganzen Meridian A B in den Einschnitten bei N′, S′ und T, bis der Bogen P N′ die gegebene Polhöhe hat, so ist der Globus richtig, und, in Verbindung mit der oben §. 9. unter b) bezeichneten Lage, so gestellt, daß er die zeither beschriebenen himmlischen Erscheinungen der Wirklichkeit gemäß darstellt.

c) Die Polhöhe am Himmel selbst ausfindig zu machen, ist für den Astronomen kein leichtes Geschäft. Hier kann nur ein ungefährer Begriff von einer der dabei anzuwendenden Methoden gegeben werden. Man wählt nämlich einen von den nie untergehenden, wo möglich nahe bei dem Pole selbst stehenden Sternen, mißt (vermittelst des nachher zu beschreibenden Quadranten) dessen kleinste Höhe J N (Fig. 6.), und die größte H N, wenn der Stern gerade durch den Meridian geht. Der Unterschied dieser beiden Höhen halb genommen giebt den Bogen H P oder P J, welchen man zu der kleinern Höhe N J addirt, oder von der größern H N subtrahirt, wodurch man die Polhöhe P N bekommt.

d) Für einen und denselben Ort bleibt sich die Polhöhe immer gleich. Wenn man aber von einem gewissen Orte aus nach Süden oder nach Norden hinreiset, so verändert sich, in Folge der Krümmung der Erde, die Polhöhe (wird kleiner oder größer). Reiset man nach Süden hin, so erhebt sich der Horizont gegen Norden, vertieft sich aber nach Süden; der nördliche Theil des Horizonts nähert sich also dem Himmelspole, oder dieser scheint sich dem Horizonte zu nähern, so daß die Polhöhe abnimmt. Das Gegentheil erfolgt, wenn

man von seinem Standorte aus sich nach Norden hin entfernt. Dieß Alles, und daß die Ab- und Zunahme der Polhöhe mit der Länge des zurückgelegten Weges in Verhältniß steht (also z. B. der Nordpol sich um einen Grad über den Horizont erhebt, wenn man 15 geographische Meilen nach Norden hin zurückgelegt hat), dient eben zugleich zum deutlichen Beweise, daß die Erde wirklich von Süden nach Norden hin, und umgekehrt, kreisförmig abgerundet ist.

e) Die Zu- und Abnahme der Polhöhe kann man sich am Globus, durch das gehörige Verschieben des Meridianringes (s. b.), wodurch allemal zugleich bewirkt wird, daß das Zenith des Ortes, nach dessen Polhöhe man den Globus des Ortes gestellt hat, am obersten Punkte des feststehenden Meridian (90° vom Horizonte) liegt, — damit aber auch zugleich die verschiedene Lage der himmlischen Linien und Kreise (der Weltaxe, des Aequators u. s. w.) gegen den Horizont nach Verschiedenheit der Polhöhe leicht versinnlichen. Stellt man z. B. den Globus nach dem Standpunkte eines Aequatorbewohners der Erde, also so, daß der himmlische Aequator durch das Zenith geht, so sieht man, daß die Weltaxe in der Fläche des Horizonts, die Pole also im Horizonte selbst liegen, folglich gar keine Polhöhe Statt findet; daß, wenn man die Kugel dreht, die Ebenen der Tageskreise alle senkrecht auf dem Horizonte stehen (daher diese Himmelslage die gerade Sphäre, sphaera recta, genannt wird), daß die Gestirne alle senkrecht aus dem Horizonte aufsteigen und ihre Tagekreise halb über, halb unter dem Horizonte vollführen; daß alle Sterne der ganzen Himmelskugel nach und nach zum Vorscheine kommen u. s. w. — Stellt man hingegen den Globus nach dem Standpunkte eines Pol-, namentlich Nordpolbewohners, also so, daß der Nordpol im Zenith liegt, so zeigt sich, daß die Weltaxe senkrecht auf dem Horizonte steht, also die Polhöhe die größte ist, die Statt finden kann

(90° beträgt); daß alle Tagekreise der Gestirne, von dem im Horizonte selbst liegenden Aequator an bis zum Pole herauf, dem Horizonte parallel sind (daher diese Himmelslage den Namen der parallelen Sphäre, sphaera parallela, führt); daß hier die eine Hälfte des gestirnten Himmels (die nördliche) immerfort sichtbar ist, die andere Hälfte (die südliche) stets unsichtbar bleibt u. s. w. — Stellt man endlich den Globus nach dem Standpunkte irgend eines andern, zwischen dem Aequator und dem einen oder dem andern Pole sich befindenden Erdbewohners, also so, daß der Himmelspol die für letztern bekannte Höhe hat, so findet man, mit der Verschiedenheit, welche die nördliche oder südliche Ortslage mit sich bringt, die Lage der himmlischen Kreise u. s. w. für einen solchen Bewohner so, wie oben (§. 2. fg. u. §. 7.) beschrieben worden ist, oder man sieht, daß es dort (wie namentlich in unsern nördlichen Gegenden) eine schräge Sphäre (sphaera obliqua genannt) giebt.

f) Durch die eben beschriebenen Experimente am Globus kann man zugleich sich überzeugen, daß die Polhöhe eines Ortes nichts Anderes ist, als was man auf der kugelförmigen Erde die geographische, sowohl nördliche als südliche Breite, d. h. den nördlichen oder südlichen Abstand eines Ortes (in Graden oder Gradtheilen des durch letztern gezogenen Meridians) vom Erdäquator nennt, daß also diese Breite, da sie begreiflicher Weise durch terrestrische Messungen sich nicht ausmitteln läßt, nur durch Bestimmung der Polhöhe gefunden werden könne.*) Angenommen, ein Beobachter

*) Es muß vorausgesetzt werden, daß der Leser mit dem Allgemeinsten der mathematischen Eintheilung der Erdkugel (mit dem Aequator und dessen Parallelen, den Meridianen rc., überhaupt mit den dort vorkommenden Kreisen und deren Lage u. s. w.), namentlich auch mit dem, was geographische Länge und Breite heißt, nicht unbekannt sei; daß er ferner sich vorzustellen wisse, wie die größten Kreise (Horizont, Aequator, Meridian) an

befinde sich auf dem Aequator der Erde (von wo aus die Breite nach Norden und nach Süden hin bis zum Pole, also von 0° bis 90°, gerechnet wird), so hat er, nach dem Vorherigen, keine Polhöhe (den himmlischen Aequator also im Zenith); entfernt er sich 5° vom Aequator nach Norden (oder, was dasselbe ist, legt er eine Strecke im Betrag von 5° zurück), so daß sein Zenith um eben so viele Grade am Himmel vom vorigen, das in den himmlischen Aequator fiel, zurückgewichen ist (wie man eben am Globus sieht, wenn man durch Verschiebung des messingenen Meridians den zurückgelegten 5ten Grad ins Zenith stellt), so ist ihm der Nordpol um eben so viele Grade, nämlich 5° über dem Horizont nach Norden, heraufgestiegen, oder er hat nunmehr eine Polhöhe von 5° (wie man ebenfalls am messingenen Meridian deutlich sieht). Entfernt eben derselbe sich um 10°, 15° u. s. w., also sein Zenith am Himmel um eben so viel sich nach Norden, so hat sich der Nordpol für ihn um 10°, 15° u. s. w. über den Horizont erhoben, oder er hat nun eine Polhöhe von 10°, 15° u. s. w. — Bei eben diesem Verfahren wird man auch finden, daß Polhöhe und Aequatorhöhe zusammen 90° ausmachen (§. 11. a.), und daher begreifen, wie man die eine dieser Höhen aus der andern herleitet.

---

der im Mittelpunkte der Himmelssphäre befindlichen, aber gegen diese als unendlich klein zu betrachtenden Erdkugel (§. 4. b. u. c.) mit den gleichnamigen Kreisen am Himmel (z. B. in Fig. 1. S. 6. der Erdmeridian **AmBnA** mit dem himmlischen Meridian **SHTRS**) in einer Fläche liegen, während die Parallelkreise auf der Erde mit denen am Himmel zwar nicht in eine Ebene zusammenfallen, ihnen aber doch parallel sind; daß er endlich an die, Anfängern oft schwer fallende, Vorstellung gewöhnt sei: daß es auf der Erdkugel, wegen der überall nach dem Mittelpunkte gerichteten Schwere, welcher zufolge man auf jedem Punkte der Oberfläche den Mittelpunkt der Kugel unter den Füßen, und den Himmel über seinem Scheitel hat, kein Oben und kein Unten gebe, daß man sich also überall auf dem obersten Punkte der Kugel zu befinden glaube.

§. 12. Höhe der Gestirne.

a) Ein Kreis durch das Zenith Z (Fig. 5.) senkrecht auf den Horizont SON gezogen, wie ZDn, heißt ein Verticalkreis (den ganzen Kreis, wovon hier nur ein Viertel erscheint, muß man sich durch das Zenith und Nadir um die ganze Himmelskugel herum gezogen denken). Auf solchen Kreisen wird die Höhe eines jeden Gestirns über dem Horizont (schlechtweg die Höhe genannt) gemessen, so daß z. B. der Bogen Dn die Höhe des Sterns D (DZ dessen Entfernung vom Zenith) ist, — welcher Bogen das Maaß des Winkels ist, den die Linie vom Beobachtungsorte nach dem Sterne mit der Horizontallinie in der senkrechten Verticalebene macht. Ueberhaupt ist die Größe der Kreise, welche wir an der scheinbaren Himmelskugel ziehen, ganz unbestimmt. Wir wollen an diesen Kreisen nur die Lage der nach den Himmelskörpern gezogenen Linien, nicht die Länge der Linien selbst angeben. Die Winkel, welche diese Linien mit einander machen, bleiben sich gleich, die Kreise, an deren Graden sie gemessen werden, mögen mehr oder weniger groß sein. So sind auch Pol, Zenith, Durchschnittspunkt zweier Kreise nicht Punkte in einer bestimmten Entfernung, sondern Punkte in einer bestimmten Richtung.

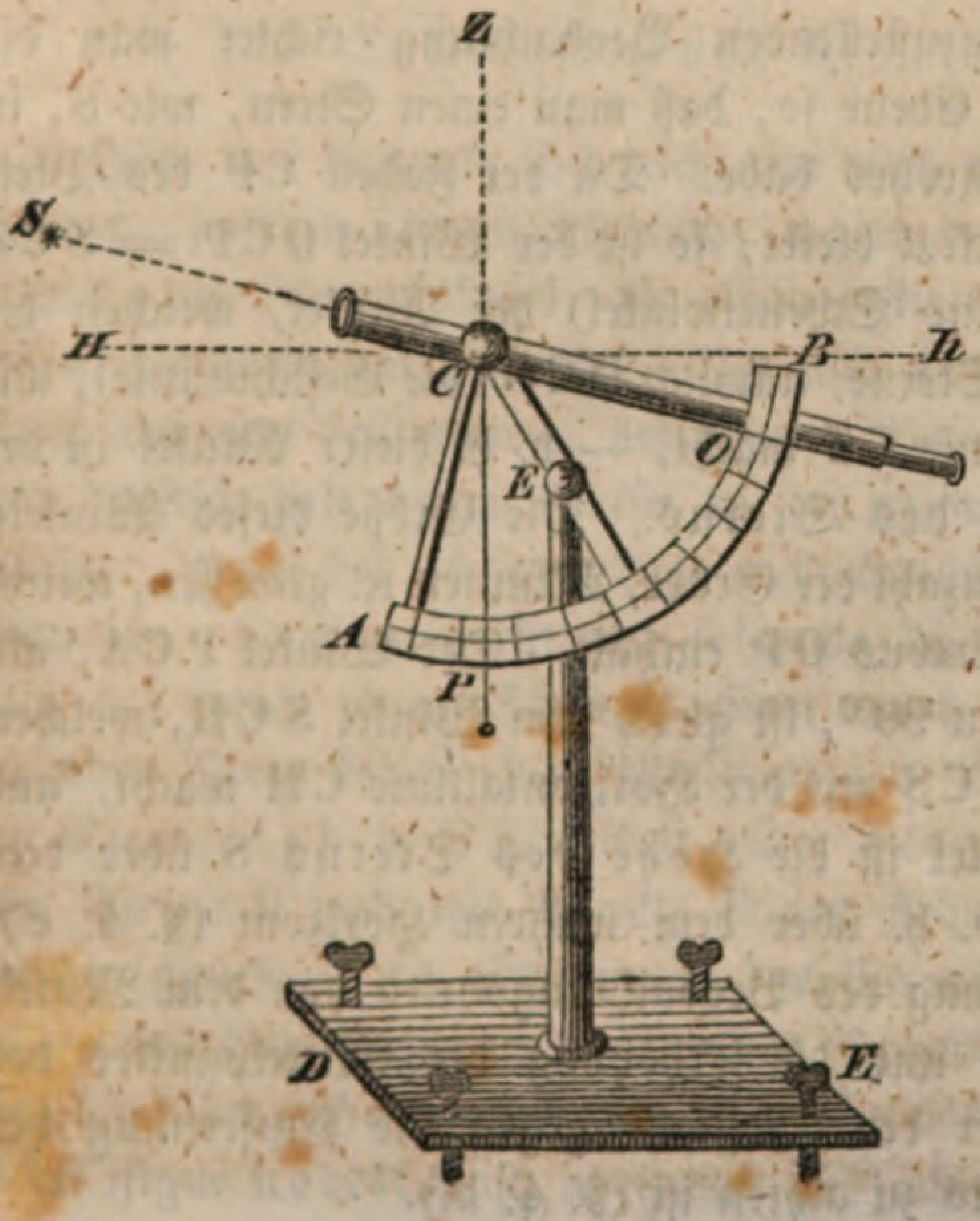
b) Am künstlichen Globus (Fig. 5.) findet man häufig am messingenen Meridian AB (oder kann man wenigstens an demselben anbringen) eine dünne messingene Schiene Zn in Gestalt eines Viertelkreises (Quadranten); deren oberes Ende ist an einer Art von Klammer oder Zwinge leicht angenietet, und die Klammer läßt sich durch ein Schräubchen oben in Z festmachen, so daß alsdann das andere Ende n der Schiene längs S′N′ am Horizonte SN herumgeführt werden kann. Diese Schiene wird gebraucht, um den Betrag der Höhe eines am Globus verzeichneten Sternes zu finden. Ist also z. B.

bei D ein Stern, so dreht man Zn, bis der abgetheilte Rand (er ist von n nach Z hinauf, d. h. von 0° bis 90° getheilt) durch die Mitte des Sterns D geht; dann ist Dn, in Graden gerechnet, die Höhe des Sterns.

§. 13. Quadrant zu Höhenmessungen.

a) Die Höhe eines Gestirns am Himmel selbst zu finden, bedient man sich eines Werkzeugs, das man, weil es, als Hauptsache, einen in Grade und kleinere Theile eingetheilten Viertelbogen eines Kreises enthält, schlechthin einen Quadranten nennt. Ein solches Werkzeug sei, nach seiner wesentlichen Einrichtung, Fig. 7., wo AB der in 90° u. s. w. eingetheilte Rand (Limbus) des Viertelkreises ist. Längs des einen Halbmessers OC ist ein Fernrohr befestigt, dessen optische Axe (Mittellinie, d. h. die Linie, welche durch die Mittelpunkte des Vorder- oder Objectiv-, und des Ocular- oder Augenglases geht) mit der Linie durch den Mittelpunkt C des Bogens und dem

Figur 7.



ersten Theilungspunkte in O genau parallel sein muß, und in dessen Brennpunkte (dem Punkte im Innern des Fernrohrs, wo sich der betrachtete Gegenstand in einem kleinen, aber scharf ausgedrückten und begrenzten Bilde zeigt) sich ein paar Fäden kreuzen, damit das Auge den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes bemerken könne. Vom Mittelpunkte C hängt ein Bleiloth CP herab. Ungefähr am Schwerpunkte E des vertical zu stellenden Instruments ist hinten ein horizontaler Zapfen, der sich in einer Kapsel oder in einem hohlen Cylinder mit etwas harter Reibung dreht, so daß sich der Limbus in einer Verticalebene auf- und nieder bewegen läßt. — Der Fuß des Werkzeugs kann auf einer horizontalen Platte DE stehen, an deren Ecken Stellschrauben angebracht sind, vermöge deren sich das ganze Instrument so stellen läßt, daß der Quadrant vollkommen vertical steht.

Bei der anzustellenden Beobachtung richtet man die vertical gestellte Ebene so, daß man einen Stern, wie S, in der Axe des Fernrohrs habe. Da der Faden CP des Bleiloths immer vertical bleibt, so ist der Winkel OCP = SCZ (beide Winkel sind Scheitelwinkel) der Winkel, welchen die Linie nach dem Sterne, nämlich OCS (die Gesichtslinie), mit der verticalen Linie CZ macht, — d. h. dieser Winkel ist der Zenithabstand des Sterns. Die Größe dieses Winkels wird durch die Anzahl der Grade, Minuten ꝛc. gemessen, welche der Theil des Limbus OP enthält. Der Winkel PCA, als die Ergänzung zu 90°, ist gleich dem Winkel SCH, welchen die Gesichtslinie CS mit der Horizontallinie CH macht, und eben dieser Winkel ist die Höhe des Sterns S über dem Horizont Hh, d. h. über dem wahren Horizont (§. 4. c.), weil die Entfernung des Beobachtungsortes von dem Mittelpunkte der Erde und die Erhöhung des Mittelpunktes des Quadranten über der Erdfläche gegen die Entfernung des Sterns für Nichts zu achten ist (§. 4. b.).

b) Der Bogen des Verticalkreises, an welchem die Grade der Höhe gezählt werden, reicht allemal mit seinem untern Ende an den Horizont. Der Punkt des Horizonts, durch welchen er geht, ist vom Südpunkte S′ (Fig. 5.), oder vom Meridian N′P S′, mehr oder weniger entfernt. Diese Entfernung, in Graden ꝛc. gerechnet, heißt das Azimuth des Gestirns. Wenn also D der Stern (und Z D n dessen Verticalkreis), so ist n S′ dessen Azimuth. Das Azimuth (welches zu bestimmen besondere Einrichtungen am Quadranten, oder ein eigenthümliches Werkzeug erfordert) ist entweder östlich oder westlich, und wird beiderseits bis zum Nordpunkte N′, also bis 180°, gezählt. Alle Sterne, die auf einem und demselben Verticalkreise stehen, haben einerlei Azimuth und müssen folglich durch ihre Höhe unterschieden werden.

§. 14. Declination und Rectascension.

Höhe und Azimuth sind nicht nur nach der Polhöhe verschieden, sondern ändern sich auch, wegen der täglichen Umdrehung der Himmelskugel, für einen bestimmten Ort (gegen dessen Horizont) unaufhörlich. Um also den Ort eines Gestirns auf eine bestimmtere, permanente Art anzugeben, muß man dasselbe mit einem Kreise an der Himmelssphäre vergleichen, gegen den es seine Lage nicht ändert, d. h. mit dem Aequator. Dieß geschieht auf folgende Weise: Man zieht (Fig. 5.) durch einen Stern D einen durch die Pole P, p gehenden Kreis P E p (den Meridian des Sterns), welcher den Aequator a b in E schneidet. Der Bogen D E, zwischen dem Sterne D und dem Punkte E des Aequators giebt, in Graden gerechnet, die Entfernung des Sterns vom Aequator an, — und diese Entfernung, oder das Bogenstück D E, nennt man die Abweichung oder Declination des Sterns, welche in der Figur nördlich ist, aber auch südlich sein kann, dann

nämlich, wenn der Stern in der südlichen Halbkugel der Himmelssphäre liegt. Der Kreis P E p heißt ein Declinations-, oder Abweichungskreis. — Eben der Bogen D E bestimmt zugleich den Punkt E des Aequators, über welchem der Stern senkrecht steht; und auch diesen Punkt (in dem also der Declinationskreis den Aequator schneidet) muß man anzugeben wissen, um mit völliger Bestimmtheit den Ort des Sterns bezeichnen zu können. Hierzu ist es nöthig, daß man ein für allemal irgend einen ausgezeichneten Punkt O des Aequators für den ersten annehme, von welchem an man die Grade des Aequators zählt. Dieser Punkt ist, wie sich weiterhin (§. 16. c. und 17.) ergeben wird, derjenige, in welchem die Sonne auf ihrer jährlichen Bahn den Aequator zu Anfang des Frühlings berührt (man nennt ihn den Frühlingspunkt), und von welchem aus die Grade des Aequators nach einer Richtung gezählt werden, die der täglichen Bewegung entgegengesetzt ist, also von der rechten zur linken Seite, oder von Westen nach Osten (in der Figur von O nach b). Der Bogen des Aequators E O, oder die Entfernung des Punktes E im Aequator, über dem der Stern D senkrecht steht, vom Frühlingspunkte O heißt des Sterns gerade Aufsteigung (Rectascension; wobei man sich den in Grade getheilten Aequator gleichsam wie eine Leiter vorstellen kann, längs welcher man stufenweise steigt, indem man die Grade zählt).

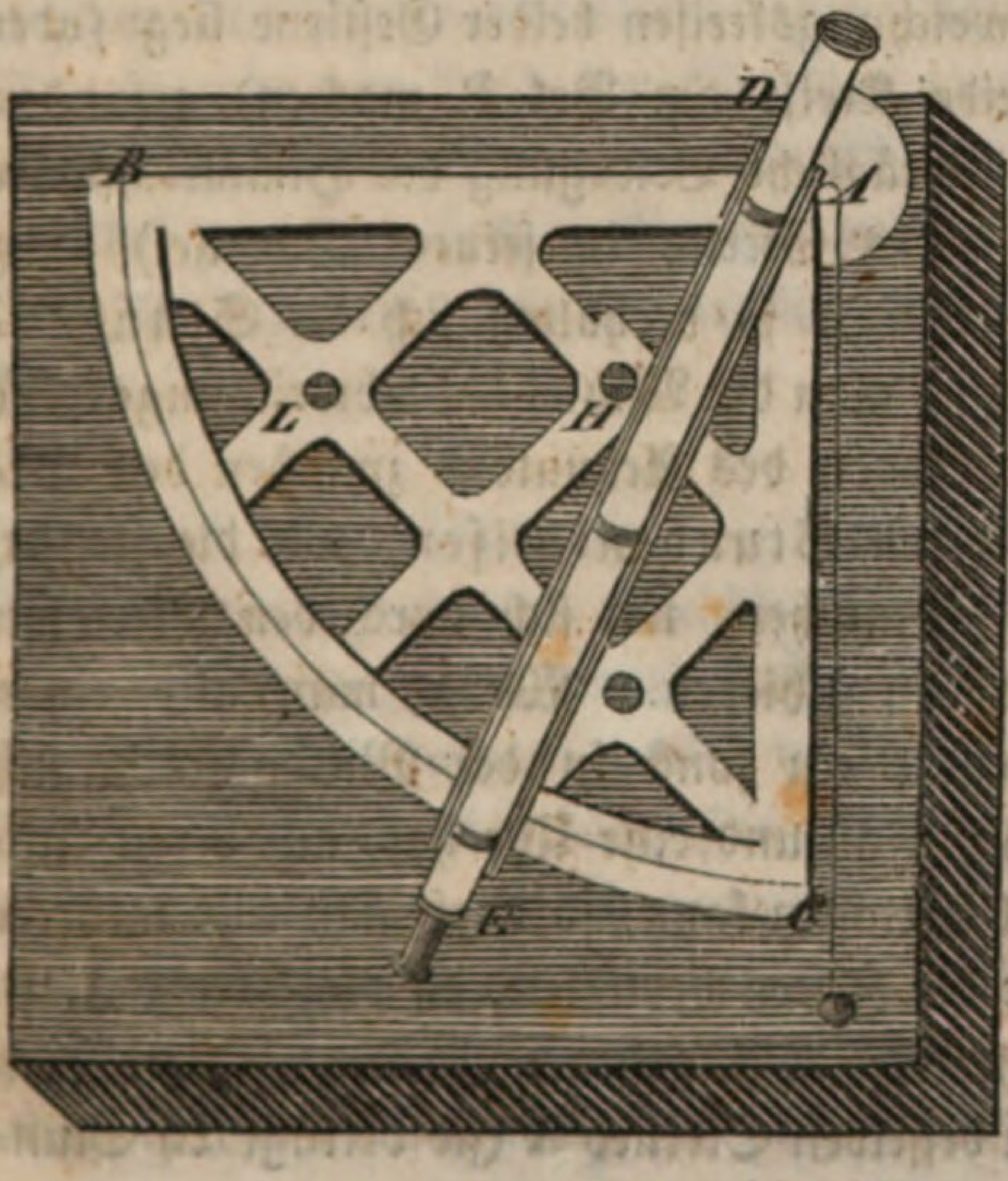
Durch beide Bogen nun, E O und E D, wird demnach die Lage eines Sterns von der Lage aller andern Sterne auf eine Art unterschieden, die durch die tägliche Bewegung (und durch die Verschiedenheit der Polhöhe) keine Aenderung leidet, und daher auch ein sicheres Mittel an die Hand giebt, die Sterne auf dem künstlichen Globus, wie auf Sternkarten, so zu verzeichnen, daß deren gegenseitige Lage mit der, welche sie

am Himmel wirklich haben, vollkommen übereinstimmt, und das Aufsuchen derselben leicht und schnell bewerkstelligt werden kann.

§. 15. Bestimmung der Declination ꝛc.; Mauerquadrant.

a) Die Declination eines Gestirns bestimmt man astronomisch dadurch, daß man die Höhe desselben, wie SF in Fig. 6. (S. 18.) im Meridian PZSp (wo die Punkte S, N diejenigen sind, in denen der Horizont SN den Meridian schneidet) beobachtet (§. 13.). Die Abweichung ist nämlich der Unterschied dieser Höhe und der Höhe des Aequators SA. — Zu solchen Beobachtungen gebraucht man hauptsächlich den in Fig. 8. vorgestellten, auch zur Beobachtung der Culmination der Sterne dienenden, Quadranten, welcher, weil er an einer genau nach der Mittagsfläche gerichteten Mauer befestigt ist, den Namen des Mauerquadranten führt. Bei H und L sind hinterwärts die Haken oder Zapfen, an denen das Instrument an der Mauer befestigt wird, so je-

Figur 8.



doch, daß man den einen oder den andern Ruhepunkt, H oder L, etwas erhöhen könne, um den Rand AC genau lothrecht, also auch AB genau horizontal zu stellen; anderer Vorrichtungen zum Behuf vollkommen richtiger Aufstellung, z. B. durch ein längs AC herabhängendes Bleiloth, und richtiger Verschiebung des Lineals DE mit dem Fernrohre u. s. w., nicht zu gedenken.

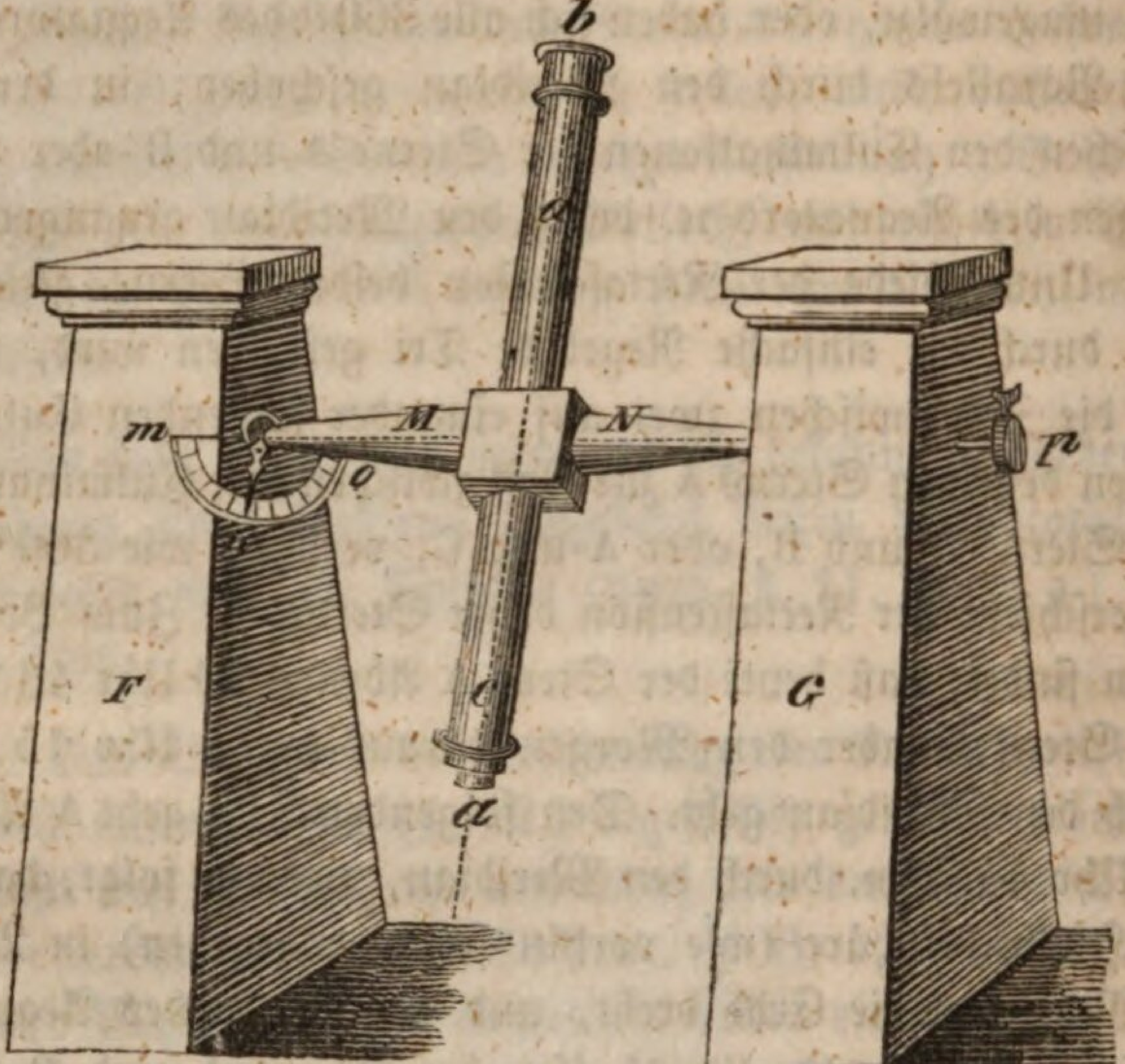
Man sieht leicht, daß man aus der bekannt gewordenen Abweichung eines Gestirns umgekehrt dessen Aequatorhöhe, und hieraus auch die Polhöhe (vergl. §. 11. unter a.) erfahren kann.

b) Das Verfahren bei Bestimmung der Rectascension kann erst weiter unten (§. 22.) begreiflich gemacht werden. Hier läßt sich für jetzt nur andeuten, wie der Unterschied der Rectascension zweier Gestirne, z. B. r, s in Fig. 5., d. h. der Bogen EA des Aequators (oder eines Parallels), der zwischen den Abweichungskreisen beider Gestirne liegt (oder der Winkel, den beide Kreise am Pol P machen) gefunden wird. Da nämlich die tägliche Bewegung der Himmelssphäre um den Pol (und jedes Sterns in seinem Parallel) ganz gleichförmig ist (§. 10. a.), so verhalten sich die Stundenwinkel (denn so nennt man die Winkel der Abweichungskreise am Pole), oder die Bogen des Aequators zwischen den Declinationskreisen oder den Stundenkreisen, wie die Zeiten, welche diese Bogen gebrauchen, um sich durch den Meridian (gleichsam) hindurch zu schieben. Wenn man also einen Mauerquadranten (oder ein sonst in der Mittagsfläche sich bewegendes Fernrohr; s. c.) und eine Uhr hat, auf deren richtigen Gang man sich verlassen kann, so darf man nur mehrere Tage nach einander die Zeiten bemerken, da die Sterne A, B, C u. s. w. durch den Meridian gehen. In der Zeit zwischen zwei Culminationen desselben Sternes A (sie beträgt 23 Stun-

den und 56 Minuten) hat die ganze Himmelskugel sich einmal umgewälzt, oder haben sich alle 360° des Aequators oder des Parallels durch den Meridian geschoben; in der Zeit zwischen den Culminationen der Sterne A und B aber ist ein Bogen des Aequators 2c. durch den Meridian gegangen, der dem Unterschiede der Rectascension beider Sterne gleich ist, also durch die einfache Regel de Tri gefunden wird, indem sich die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Culminationen desselben Sterns A zur Zeit zwischen den Culminationen der Sterne A und B, oder A und C, verhält, wie 360° zum Unterschiede der Rectascension dieser Sterne. — Zum Beispiel: Man findet, daß heute der Stern A Abends 10 Uhr 48 Min., der Stern B aber den Morgen darauf um 4 Uhr 15 Min. durch den Meridian geht. Den folgenden Tag geht A Abends 10 Uhr 44 Min. durch den Meridian, woraus folgt, daß sich die Himmelssphäre (wie vorhin schon angegeben) in 23 St. 56 Min. um die Erde dreht, und der Bogen des Aequators zwischen den Declinationskreisen der Sterne A und B 5 St. 27′ gebraucht, um durch den Meridian zu gehen. Nun schließt man nach der Regel de Tri: wie 23 St. 56′ zu 5 St. 27′, so 360° zu dem gesuchten Bogen, welcher 81° 59′ ist. Diese 81° 59′ sind also der Unterschied der Rectascension beider Sterne.

c) Mittagsfernrohr. — Zu den eben beschriebenen Beobachtungen bedienen sich die Astronomen am häufigsten eines besondern Instruments (s. Fig. 9.), welches aus einem, mit einem Quadranten nicht verbundenen, zwischen zwei Pfeilern F, G angebrachten, Fernrohre ab besteht, das, weil dessen Centrallinie cd sich genau in der Mittagsfläche auf- und abbewegt, Mittagsfernrohr (lunette de passage, Passage-Instrument) genannt wird. Bei diesem Instrumente ist die Beobachtung der Culminationszeit der Gestirne

Figur 9.



(daher eine Uhr dabei nicht fehlen darf) die Hauptsache, und der kleine Halbkreis m n o dient nur, es zu stellen (oder auch Sterne bei Tage aufzufinden), während der Mauerquadrant hauptsächlich zu Höhenbeobachtungen im Meridian gebraucht wird. — Man richtet das Fernrohr vermöge eines zu dem gedachten Halbkreise gehörigen, mit der Axe M N und dem Fernrohre sich umdrehenden Zeigers n so, daß dessen Centrallinie gerade nach dem Punkte des Meridians, durch welchen der Stern gehen soll, hinweiset, hält es in dieser Lage mit einer Stellschraube p fest und erwartet dann den Durchgang, um ihn zu beobachten.

Zweiter Abschnitt.

Eigene (besondere) Bewegung der Sonne und die davon abhängigen Kreise ꝛc. — Die Fixsterne in Beziehung auf diese Bewegung.

§. 16.

Unter denjenigen Himmelskörpern, die außer der täglichen Bewegung (§. 2. u. 7.) noch eine besondere (eigenthümliche), und zwar jener erstern entgegengesetzte, also von Abend nach Morgen gerichtete Bewegung haben, nimmt die Sonne, vermöge ihrer Größe und ihres Glanzes, so wie ihrer gesammten wohlthätigen Wirksamkeit wegen, unsere Aufmerksamkeit ganz vorzüglich in Anspruch.*)

---

*) „Sie (die Sonne, jene in einem Meere von Licht und Feuer schwimmende Kugel, deren anziehende Kraft Millionen von Planeten und Kometen in ihren Bahnen hält, um auf jedem von ihnen Licht und Wärme, Schönheit und Fruchtbarkeit zu verbreiten, und für Millionen beglückungsfähiger Geschöpfe eine unerschöpfliche Quelle von Leben, Thätigkeit, Genuß und Freude zu werden) beherrscht unser Sonnensystem mit unumschränkter Gewalt, benutzt aber ihre Macht nur zum Wohlthun. Ohne sie würde Anarchie das Ganze zertrümmern; ohne ihren wohlthätigen Einfluß würde traurige Stille und todte Erstarrung auf jedem Weltkörper herrschen, gegen welche die elende Existenz des Feuerländers ein Wonneleben sein würde. Jedes sinnliche Vergnügen, das angenehme Gefühl einer warmen, heitern Luft, das reizende Farbenspiel einer schönen Gegend, den Duft der Blumen, den Wohlgeschmack der Früchte, den Gesang der Vögel verdanken wir der Sonne; und selbst der höchste Genuß des Geistes, der erste Gedanke an eine die Welt regierende und beglückende Gottheit entstand durch den majestätischen Anblick dieses Feuerkörpers. Durch die regelmäßige Abwechselung der Tage und Nächte, des Winters und des Sommers, und die unzähligen davon abhängenden Naturwirkungen führte die wohlthätige

Jährlicher Lauf der Sonne. — a) Die Sonne verändert von Tag zu Tage ihren Standpunkt am Himmel mit alljährlich wiederkehrenden Abwechselungen. Im Sommerhalbjahr steigt sie, nördlich vom Aequator, sehr hoch über unsern Horizont herauf und bewirkt durch ihr langes Verweilen über demselben und durch ihre um den Mittag fast senkrecht auf uns herabfallende Strahlen eine sehr bedeutende Wärme; im Winterhalbjahr dagegen nimmt sie, vom Aequator aus nach Süden hinabsteigend, eine viel niedrigere Stellung am Himmel ein, wodurch, wie durch ihr kurzes Verweilen über dem Horizont, eine sehr fühlbare Abnahme der Wärme bewirkt wird. Zwischen Sommer und Winter wird, zur Zeit der Nachtgleichen, ihre Höhe eine mittlere (der Höhe des Aequators gleich), von wo aus sie bis zu den erstgenannten Standpunkten zu- und abnimmt, bis ein Kreislauf aller dieser Veränderungen vollendet ist, und ein neuer anhebt. Während einer solchen Periode fallen die Stellen ihres Auf- und Unterganges zwei Mal, zu Anfange des Frühlings und des Herbstes, in die Punkte Ost und West des Horizonts, wohingegen die Stellen des Auf- und Unterganges in den Zwischenzeiten ein Mal, während des Sommers, nach Norden hin, und ein Mal, während des Winters, nach Süden hin liegen.

b) Leicht zeigt es sich, daß mit dieser ungleichen Stellung der Sonne gegen den Aequator, neben der ungeändert fortgehenden täglichen Bewegung von Ost nach West, ein

Sonne das Menschengeschlecht zur Ordnung, zur Arbeitsamkeit, zu allen Tugenden des geselligen Lebens. Sie ist die große Uhr des Universums, nach deren Gang wir Jahrtausende und Secunden zählen, nach der alle ökonomischen Arbeiten, alle bürgerlichen Geschäfte, und alle astronomischen Beobachtungen und Rechnungen eingerichtet werden müssen u. s. w." F. Th. von Schubert's popul. Astronomie, I. Th. §. 49.

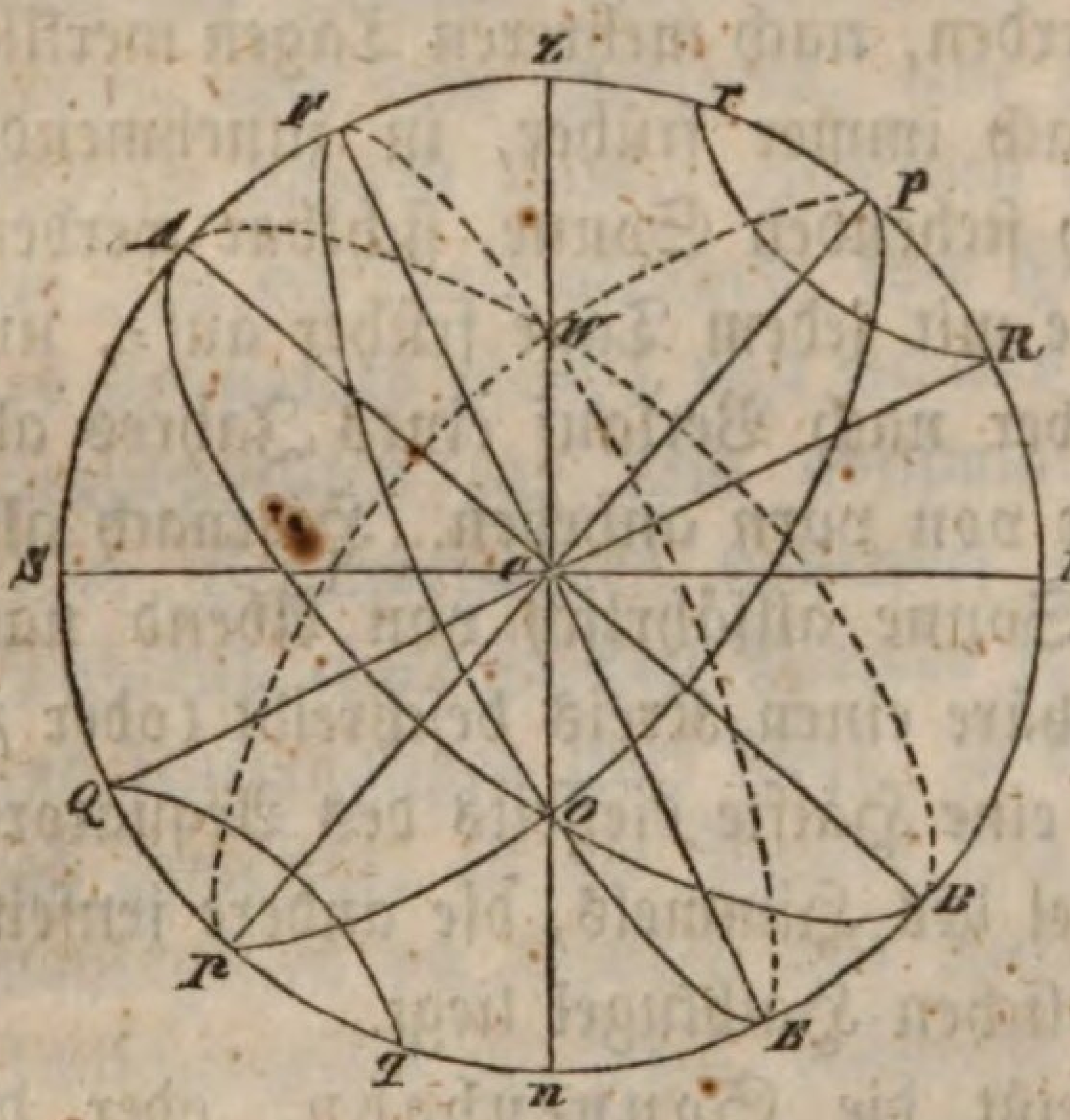
stetes Fortrücken unter den Sternen von West nach Ost hin verbunden ist. Denn beobachten wir kurz nach Sonnenuntergang die Sterne, die vor demselben in der Abenddämmerung, nahe östlich von der Sonne, zu sehen sind, so finden wir, daß sie nach wenigen Tagen nicht mehr gesehen werden, weil sie schon mit der Sonne untergegangen sind, was auch mit allen den Sternen, die weiter hin, nach und nach, alsbald nach Sonnenuntergang in der Abenddämmerung sichtbar sind, geschieht; daß hingegen diejenigen Sterne, die des Morgens kurz vor der Sonne und nahe bei derselben in der Morgendämmerung gesehen werden, nach mehreren Tagen merklich früher, und nach und nach immer früher, in zunehmender Entfernung von der östlich stehenden Sonne, sichtbar werden; daß überhaupt alle Sterne mit jedem Tage früher auf-, und früher untergehen, daß aber nach Verlauf eines Jahres alle diese Erscheinungen wieder von vorn anheben. Hiernach also ist es offenbar, daß die Sonne alljährlich von Abend nach Morgen an der Firsternsphäre einen Kreis beschreibt (oder zu beschreiben scheint), dessen eine Hälfte diesseits des Aequators, in der nördlichen Halbkugel des Himmels, die andere jenseits des Aequators, in der südlichen Halbkugel liegt.

c) Dieser Kreis heißt die Sonnenbahn, oder die Ekliptik. Er durchschneidet, da er nach den angegebenen Erscheinungen eine schräge Lage gegen den Aequator hat, diesen letztern in zwei, um 180° des Aequators von einander entfernten, Punkten, welche Aequinoctialpunkte, d. h. die Punkte der Nachtgleichen genannt werden, weil zu der Zeit, da die Sonne sich in ihnen befindet (wo deren Tageskreis der Aequator ist), Tag und Nacht einander gleich sind. Eine Linie durch gedachte Punkte kann die Aequinoctiallinie heißen. — Es ist also die Ekliptik ein größter Kreis der Himmelssphäre; der vierte zu den dreien, die wir zeither (in §. 1. und 4. c., §. 8. bis 10.) kennen gelernt haben.

§. 17.

Am künstlichen Globus (Fig. 5.) läßt sich das eben Gesagte und das nun Folgende am deutlichsten vorstellen. Es ist nämlich c O d auf demselben die den Aequator a b in O durchschneidende Ekliptik, und O der eine der Aequinoctialpunkte (hier der Herbstpunkt, welchem gegenüber auf der andern Seite des Globus, also 180° davon, man sich den Frühlingspunkt denken muß) u. s. w. — Fig. 10. kann hierbei zur Hülfe dienen.

Figur 10.



Ist hier AOBW der Aequator, so stellt FOEW die Ekliptik vor, welche den Aequator in W und O schneidet. W ist hier der Frühlings-Nachtgleichepunkt, schlechtweg Frühlingspunkt genannt, wo sich die Sonne zur Frühlings-Nachtgleiche befindet; O ist der Herbstpunkt, wo die Sonne zur Herbstnachtgleiche eintrifft. Dort, in W, steigt die Sonne über den Aequator herauf nach Norden; hier, in O, senkt sie sich unter denselben hinab nach Süden. So wie die Sonne von W nach O (immer von Abend nach Morgen) fortrückt, werden die Bogen der täglich von ihr beschriebenen Parallelkreise über dem Horizonte immer größer und die Tage länger; hat sie den vierten Theil WF ihrer Bahn zurückgelegt, so ist ihre (nördliche) Abweichung in F am größten, und die Tage sind am längsten. Der Punkt F (am Globus c) heißt der Sommerstillstandspunkt (Sommersolstitialpunkt). Von da nimmt die Abweichung und mit ihr die Tageslänge wieder ab,

bis diese in dem herbstlichen Durchschnitte O der Ekliptik mit dem Aequator der Nachtlänge gleich wird. Wenn die Sonne in dem südlichen Theil ihrer Bahn, von O nach E hin (auf dem Globus von O nach d) fortrückt, so werden die Tage kürzer als die Nächte, am kürzesten, wenn die Sonne im Winterstillstandspunkte*) (Wintersolstitialpunkte) in E eintrifft, welcher Punkt ebenfalls um 90° von den Nachtgleichen absteht. Die Parallelkreise, welche durch die Stillstandspunkte F und E gehen (auf dem Globus ce und fd, und in Fig. 6. S. 18. FG und DE) heißen die Wendekreise, jener der Wendekreis des Krebses, dieser der Wendekreis des Steinbocks. Die Punkte RQ (Fig. 10.), welche in einer auf die Ekliptik EF durch den Mittelpunkt C senkrechten Linie RCQ liegen, und von allen Punkten der Ekliptik gleich weit abstehen, sind die Pole der Ekliptik, deren Axe jene Linie RQ ist. Diese beschreiben bei der täglichen Umdrehung der Himmelskugel, nach Fig. 6. S. 18., die Polarkreise HJ, KL (in Fig. 10. Rr, Qq), um die Pole P, p des Aequators AB. — Auf dem Globus sieht man noch zwei große Kreise, welche durch die Pole des Aequators und durch die Punkte der Nachtgleichen und der Solstitien gehen und dort einander rechtwinklig durchschneiden; sie heißen Coluren, und zwar der Colur der Nachtgleichen (Aequinoctialcolur), und der Colur der Stillstandspunkte (Solstitialcolur).

---

*) Man sieht am wirklichen Globus deutlich, wie um die Stillstandspunkte die Wendekreise mit der Ekliptik zusammenfallen und daher die Sonne dort, bevor sie nach dem Aequator zurückzukehren anfängt, einige Tage lang denselben Höhestand im Meridian beibehält und in dieser Hinsicht still zu stehen scheint; daher nun, nicht aber wegen etwanigen Stillstehens der Sonne in ihrer Bahn, sind obige Ausdrücke entstanden.

§. 18.

a) Schiefe der Ekliptik. — Aus der bisher beschriebenen Lage der Ekliptik am Himmel (§. 17. a. bis c.) folgt, daß dieser himmlische Kreis gegen den Aequator eine gewisse, bestimmte Neigung hat, oder daß die Ebene beider Kreise einen bestimmten Winkel mit einander machen. Dieser Winkel, ACF = BCE in Fig. 10. (auf dem Globus, S. 15., a O c und b O d), oder der Winkel, den die beiden Linien AC und FC, BC und EC in C machen, wird durch die größte Abweichung der Sonne zur Zeit des Stillstandes, AF oder BE, gemessen; oder man findet ihn, wenn man sowohl die größte, als die kleinste jährliche Sonnenhöhe beobachtet, und die Hälfte ihres Unterschiedes nimmt. Aus solchen und andern Beobachtungen hat sich ergeben, daß die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator, oder, wie man dieselbe kurz nennt, die Schiefe der Ekliptik, gegenwärtig $23^{0}\ 28'$ (also ungefähr $23^{1}/_{2}{}^{0}$) beträgt.

b) Eintheilung der Ekliptik; Thierkreis. — Man theilt die Ekliptik (Sonnenbahn), wie jede Kreislinie, in 360 Grade ein, welche man von West nach Ost hin, vom Frühlingspunkte aus, zählt, so daß man von diesem Punkte aus bis zum Sommerpunkte 90^{0}, bis zum Herbstpunkte 180^{0}, bis zum Winterpunkte 270^{0}, und bis wieder zum Frühlingspunkte 360^{0} hat. Außerdem hat man schon von Alters her die Ekliptik in zwölf Theile, den 12 Monaten des Jahres gemäß, getheilt, und jedem dieser, mit dem Namen der „himmlischen Zeichen" (oder schlechtweg Zeichen) benannter, Theile 30^{0} gegeben; wonach man vom Frühlings- bis zum Sommerpunkte 3 Zeichen, bis zum Herbstpunkte 6 Zeichen, bis zum Winterpunkte 9 Zeichen, und wieder bis zum Frühlingspunkte 12 Zeichen zählt. Die 6 ersten Zeichen werden die nördlichen, die 6 übrigen die südlichen Zeichen genannt.

c) Weil man bemerkte, daß der Mond und die Planeten sich nicht über eine gewisse geringe Grenze von der Ekliptik entfernten, so zog man auf beiden Seiten derselben zwei ihr parallele Kreise, in dem Abstande von 8 bis 10^{0}, und vertheilte die innerhalb dieses Streifens sich befindenden Sterne in zwölf Gruppen, denen man den Namen der zwölf Sternbilder des Thierkreises (des Zodiacus) gab, weil die meisten dieser Gruppen nach Thieren benannt worden sind.

Die Namen dieser 12 Gruppen (zugleich die Namen der eben genannten 12 Zeichen) sind, nebst den für letztere gewählten symbolischen Bezeichnungen, vom Frühlingspunkte aus, den man mit 0^{0} ♈ zu bezeichnen pflegt, gerechnet, diese:

I. Die nördlichen:	II. Die südlichen:
1. Der Widder ♈	7. Die Waage ♎
2. Der Stier ♉	8. Der Scorpion ♏
3. Die Zwillinge ♊	9. Der Schütze ♐
4. Der Krebs ♋	10. Der Steinbock ♑
5. Der Löwe ♌	11. Der Wassermann ♒
6. Die Jungfrau ♍	12. Die Fische ♓

§. 19. Sternbilder des Thierkreises.

Der beste Wegweiser durch die zwölf, mehr oder weniger Raum an der Himmelssphäre einnehmenden, Sternbilder des Thierkreises ist, wenn man der mündlichen Anweisung entbehren muß, der Globus (vergl. §. 8. unter c.); am Himmel selbst findet man die meisten derselben um so leichter, als viele Sterne darin durch ihren Glanz und ihr leicht in die Augen fallendes Beisammenstehen sich auszeichnen. Der großen Wichtigkeit wegen, welche Thierkreis und Ekliptik in der

Sternkunde behaupten, mögen hier folgende kurze Nachweisungen, bei denen die angehängte Sternkarte zu Hülfe zu nehmen ist, darüber stehen:

1. Die Fische.*) — Hierin nur ein Stern 3. Größe, obschon das Sternbild (auf Sternkarten mit zwei durch ein langes Band verknüpften Fischen vorgestellt) einen großen Raum einnimmt. — Jener Stern steht am Knoten des Bandes.

2. Der Widder. — Drei hauptsächlich kenntliche Sterne, darunter α am Kopfe 2. Gr. der hellste; nächst diesem β von der 3. Gr. Diese beiden Sterne stehen an den Hörnern des Widders. Unter β steht noch ein kleinerer Stern γ, welcher Mesarthim heißt.

3. Der Stier. — Das schönste Sternbild im Thierkreise. Hierin Aldebaran α 1. Gr. (röthlich funkelnd), das südliche Auge des Stiers. — Mit ihm bilden, zur Rechten hin am Kopfe, vier kenntliche Sterne eine Gruppe in der Form eines V, welche man das Regengestirn, oder die Hyaden, nennt. Im Rücken des Stiers, nordwestlich von den Hyaden, sieht man die Plejaden, oder das Siebengestirn, als ein Häufchen kleiner (im Fernrohre sehr zahlreicher) Sterne. Ostwärts von den Hyaden stehen am Rande der Milchstraße zwei Sterne

---

*) Wir machen mit diesem Sternbilde den Anfang, weil es jetzt (aus einem weiter unten, §. 23., anzugebenden Grunde) bei dem Frühlingspunkte steht, von diesem aber am schicklichsten auszugehen ist. Man sieht dieses Sternbild, das zur Frühlingsnachtgleiche zugleich mit der Sonne am Himmel steht (und culminirt), 6 Monate später, also zur Herbstnachtgleiche, um Mitternacht (180° von der, dann unter dem Horizonte culminirenden, Sonne) am südlichen Himmel, in oder nahe bei dem Meridian (was in ähnlicher Weise auch von den übrigen Sternbildern des Thierkreises gilt).

2. u. 3. Gr. an der Spitze des nördlichen und des südlichen Horns.

4. Die Zwillinge (durch die Milchstraße von dem Stier und dem prachtvollen Gestirn des Orion getrennt) zeichnen sich durch zwei Sterne 2. Gr., Castor (α) und Pollux (β) genannt, an dem Kopfe aus. Südwärts steht noch ein Stern 2. Gr. γ vorn am Fuße des Pollux.

In dem an dieses Gestirn, wie die Himmelskarte zeigt, angrenzenden Orion fallen sogleich 3 Sterne der 2. Gr., δ, ε und ζ, von denen der erste fast im Aequator steht, in die Augen. Man nennt sie den Gürtel des Orion (im gemeinen Leben den Jakobsstab).

5. Der Krebs. — Hierin zwei Sterne 3. Gr., und viele kleinere. Das Merkwürdigste in diesem Sternbilde ist ein Sternhäuflein, die Krippe genannt, von welchem nördlich und südlich zwei kenntliche Sterne, jener der nördliche, dieser der südliche kleine Esel genannt, stehen.

6. Der Löwe enthält verschiedene schöne Sterne, darunter Regulus, oder das Löwenherz α. 1. Gr., und Denebola β fast 1. Gr., auch γ 2. Gr., und δ fast 2. Gr. am Rücken des Löwen. Diese 4 Sterne (α, β, δ, γ) bilden ein Trapezium, woran das ganze Gestirn leicht zu erkennen ist. — Regulus steht ganz nahe an der Ekliptik.

7. Die Jungfrau hält seitwärts, neben ihrem südlichen Schenkel, eine Kornähre, worin ein schönfunkelnder Stern α 1. Gr., Spica genannt, funkelt. Ein anderer kenntlicher Stern ε 3. Gr., im nördlichen Flügel, heißt Vindemiatrix, die Weinleserin. Sonst mehrere Sterne 3. u. 4. Gr. u. s. w., darunter γ im Gürtel (in guten Teleskopen doppelt), im Aequator.

8. Die Waage. — Hierin zwei Sterne 2. Gr. α und β in der südlichen und nördlichen Waagschale. Der Stern α (Zubenelgenubi genannt; der andere β heißt Zubeneschemali) steht fast in der Ekliptik.

9. Der Scorpion. Dieses Bild enthält einen röthlich funkelnden Stern 1. Gr., Antares α, oder das Herz des Scorpions. Ein Stern 2. Gr. β findet sich am Kopfe des Scorpions.

10. Der Schütze.
11. Der Steinbock.
12. Der Wassermann.
} Diese Sternbilder enthalten fast nur kleine Sterne und sind daher für die Betrachtung ziemlich unscheinbar. Das letzte derselben hat unter sich, tief nach Süden hin, den schönen Stern Fomahant 1. Gr. im südlichen Fisch, von welchem aus man also die Sterne des Wassermanns leichter finden kann.

§. 20. Sternbilder außerhalb des Thierkreises.

Der Thierkreis findet sich in der Mitte aller übrigen Sterngruppen (Sternbilder) der Himmelssphäre, und theilt dieselben in die nördlichen und die südlichen ab.

Die vorzüglichern dieser Sternbilder, so weit sie in unsern nördlichen Gegenden zu Gesichte kommen, lassen sich in nachstehender Reihenfolge (von den Fischen, nach §. 19. 1., ausgegangen) ordnen und am Besten auffinden: *)

---

*) Es sind bei den einzelnen Sternbildern die Namen, zum Theil auch die griech. Buchstaben der bekanntesten und kenntlichsten, also der Sterne erster und zweiter Größe, mit der Bezeichnung 1. 2., z. B. α. 1., β. 2. u. s. w., beigefügt worden.

I. Nördliche Sternbilder.		Thierkreis	II. Südliche Sternbilder.
		Fische	
Cassiopeja, Cepheus	Andromeda (Mirach β. 2.)		Wallfisch. (Menkar 2. Deneb Kaitos 2. Mira Ceti veränderlich.)
	Triangel	Widder	
	Perseus (Algol 2.)		
		Stier	Eridan (Fluß) γ. 2.
Großer Bär (7 Sterne, α u. s. w. 2.), Drache (Schwanz), Kleiner Bär (Polarstern)	Fuhrmann (Capella 1.)		Orion. Haase.
		Zwillinge	Großer Hund (Sirius 1.)
	Luchs		Einhorn
		Krebs	Kleiner Hund (Procyon 1.)
	Kleiner Löwe		Wasser-Schlange (Herz d. rc., Alphard 2.)
	Haupthaar der Berenice	Löwe	
	Bootes, Bärenhüter (Arcturus 1.)		Becher (Halbzirkel von 6 Sternen 4.)
		Jungfrau	
	Nördl. Krone (Gemma 2.)		Rabe (Trapezium von 4 Sternen 3.)
	Schlangenträger	Waage	
Herkules	(Ophiuchus α. 2. am Kopfe)		
		Scorpion	
Leier (Wega 1)	Schlange (Herz der Schl. α. 2.)		
Pfeil	Adler	Schütze	
Schwan (Deneb 2.)	(Athair 1.)		
	Delphin (Raute von 4 Sternen 3.)	Steinbock	
Nördl. Drache (Drachenkopf, β und γ. 2.)	Füllen	Wassermann	Südl. Fisch
	Pegasus (Viereck von 4 Sternen 2.)		
		Fische	

Die übrigen, weniger scheinbaren, zum Theil in neuerer Zeit gebildeten, Sternbilder lassen sich, vermittelst der hier aufgeführten, am Himmel wohl finden; doch werden die meisten Liebhaber der Sternkunde sich zufrieden gestellt finden, wenn sie sich mit den hier, so wie in §. 19., zusammengestellten Sternbildern und den darin vorzüglich hervorstechenden einzelnen Sternen, insbesondere den Sternen erster Größe (deren man 18 annehmen kann) genau bekannt gemacht (also am gestirnten Himmel sich orientirt) haben.

§. 21. Sonst Bemerkenswerthes am Fixsternhimmel.

a) Das bloße, aber scharfsehende Auge unterscheidet, auf die scheinbare Größe achtend, etwa 6 Classen (Größen) von Fixsternen, so daß es in der 1. Classe (wie schon gesagt) etwa 18., in der 2ten etwa 60, in der 3ten gegen 200, in der 4ten ungefähr 380, in den folgenden beiden Classen eine in viel stärkerm Verhältniß zunehmende Anzahl, überhaupt aber bis zur 6ten Größe, nach gewöhnlicher Annahme, gegen 5000 Sterne wahrnimmt. — Nimmt man für die übrigen (die teleskopischen) Sterne, von der Milchstraße abgesehen, noch 4 Classen zählbarer Sterne an, so läßt sich deren Menge auf wenigstens 70,000 schätzen. Aber was ist diese Anzahl gegen die Menge der Sterne, die sich, auch in den stärksten Teleskopen gesehen, nicht zählen, sondern nur abschätzen läßt? Solche Abschätzungen, auf sehr wahrscheinliche Voraussetzungen gebaut, sind von großen Astronomen und ausgezeichneten Beobachtern versucht worden, und es hat insbesondere der weltberühmte William Herschel (gest. 1822.) es wahrscheinlich gemacht, daß der ganze Himmel über 273 Millionen (nach einer andern, zwar kühnen, aber nicht aufs Geradewohl vorgenommenen, Schätzung über 500,000 Mill.) Sterne enthält.*)

---

*) Littrow, die Wunder des Himmels. S. 453.

b) Die Milchstraße (§. 8. b.) umzieht als ein lichter Bogen oder Gürtel die ganze Himmelskugel fast in der Lage eines größten Kreises von ungleicher Breite, und zwar so, daß dieser Gürtel seinen Nordpol nahe über dem Hauptthaar der Berenice nördlich, und seinen Südpol am Schwanze des Wallfisches hat, und durch folgende Sternbilder: die Cassiopeja, den Perseus, die Füße des Fuhrmanns, die Füße der Zwillinge, durch Orions Keule, das Einhorn, die Buchdruckerwerkstatt, das Schiff (bei uns nur zum Theil sichtbar), die Füße des Centaurus (eben so), das südliche Kreuz (bei uns gar nicht sichtbar), den Altar (eben so), den Schwanz des Scorpions, den Bogen des Schützen, den östlichen Arm und Fuß des Schlangenträgers, das Sobieskische Schild, den Kopf und Rücken des Poniatowskischen Stiers, den westlichen Arm des Antinous, den Adler, den Fuchs, den Schwan, den Kopf und das Scepter des Cepheus, und die Krone in der Friedrichsehre sich hindurchzieht. Im Adler und in den benachbarten Sternbildern ist sie am breitesten, und vom Schwane bis zum Scorpion, etwa auf ein Drittheil ihres ganzen Umfanges, in zwei Aeste (Arme) getheilt.

Setzt schon die unter a. angegebene Menge der Sterne in Bewunderung, so steigert sich diese zum Staunen, wenn die teleskopische Durchmusterung des Himmels, wie sie Herschel und andere mit den stärksten Werkzeugen bewaffnete Forscher angestellt haben, uns lehrt, daß die Milchstraße aus dem zusammenfließenden Lichte eines Sternengewimmels besteht, dessen dicht gedrängte, in unmeßbare Räume sich ausdehnende, Schichten zuletzt alles Zählen, wenn auch Millionen auf Millionen gehäuft werden, zu einem fruchtlosen Geschäft machen.

c) Die Fixsterne erscheinen in Fernröhren als bloße leuchtende Punkte, und diese sind um so feiner (und unmeßbarer), je stärker die vergrößernde Kraft der angewendeten

Teleskope ist. Wenn man auch hieraus auf ihre ungeheuern Entfernungen (die man sich sehr natürlich bei den einzelnen Sternen und Sternschichten als verschieden, und in dem Maaße als größer zu denken hat, als das Licht der im Fernrohre erkennbaren Sterne schwächer und schwächer sich zeigt) hingeleitet wird, so muß man zugleich den Schluß daraus ziehen:

daß die Fixsterne selbstleuchtende, oder, wie unsere Sonne, mit **eigenthümlichem** Lichte begabte, Körper von außerordentlicher Größe sind;

so wie sich andererseits dabei die Vermuthung aufdrängt: daß auch unsere Sonne der Fixsternwelt angehöre, und, wenn es uns vergönnt wäre, sie z. B. von der Gegend des Sirius, des Arcturus u. s. w. aus am Firmamente zu betrachten, als ein, wahrscheinlich nur sehr kleiner, Fixstern erscheinen, ja, aus noch weitern Entfernungen am Firmamente von uns aufgesucht, kaum noch als das feinste teleskopische Lichtpünktchen sich uns bemerkbar machen würde. *)

§. 22.

Wir kehren jetzt, nachdem wir uns durch die bisherige Betrachtung des Fixsternhimmels in den Stand gesetzt haben,

---

*) Von andern Merkwürdigkeiten des Fixsternhimmels, als: von Doppelsternen, Sternhaufen, Nebelflecken u. s. w. wird weiter unten (§. 69. ff.) die Rede sein, und man wird daraus ersehen, daß die obigen, obschon Bewunderung und Staunen erregenden, Angaben über die muthmaßliche Menge der Sterne noch nicht hinreichten, unsere Vorstellung von der Unermeßlichkeit des Weltraums und der Zahl der nach allen Seiten hin darin vertheilten Sterne und Sternensysteme zur Vollendung (an die aber wohl überhaupt gar nicht zu denken ist) zu bringen. — Der sicherste und zuverlässigste Wegweiser zur Sternkenntniß ist noch immer J. E. Bode's bekanntes Werk: Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels; 10. Ausg. von Dr. C. Bremiker. Mit Kpf. und einer allgemeinen Himmelskarte. Berlin 1844.

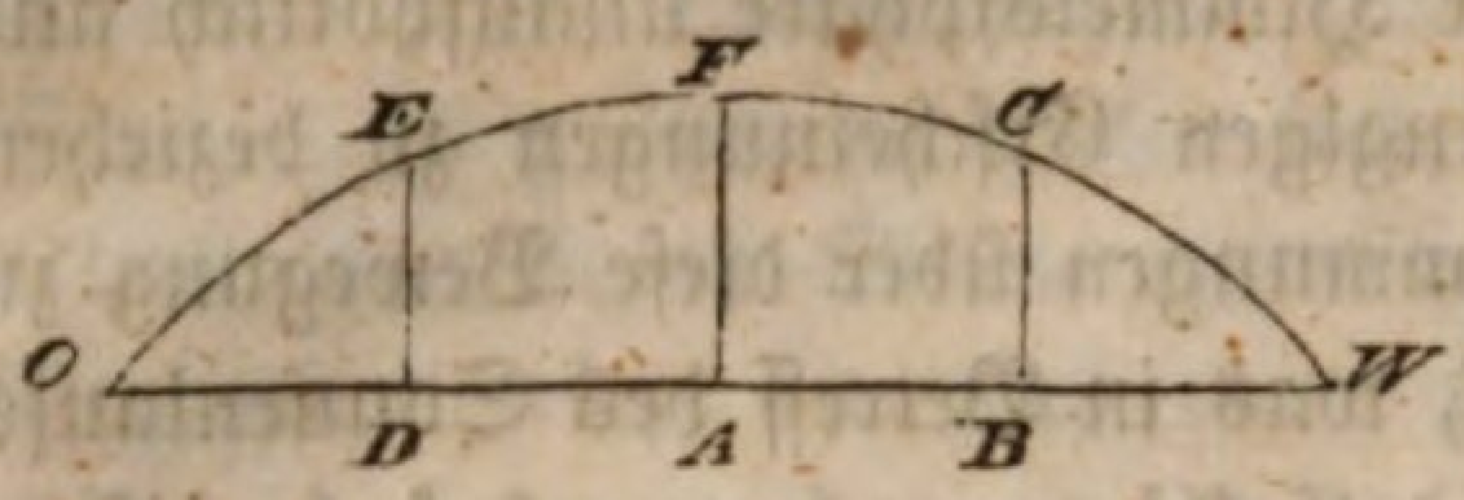
zu begreifen, daß die Fixsterne die festen Punkte sind, auf welche wir die Bewegung der Sonne (so wie der übrigen Himmelskörper, die ihren Ort an der Himmelssphäre unaufhörlich ändern) und die davon abhängigen Erscheinungen zu beziehen haben, um zu sichern Bestimmungen über diese Bewegung zu gelangen, — zu dem zurück, was in Betreff des Sonnenlaufs an das bereits (in §. 16 ff.) Erklärte noch anzuknüpfen ist.

Bestimmung der Lage der Nachtgleichen. — Die Sonne ändert, vermöge ihrer eigenen Bewegung (§. 16.), von Tag zu Tage (wie ihre Declination, so) ihre Rectascension,*) und wir müssen uns nun begreiflich zu machen suchen, wie diese letztere sich bestimmen, und daraus die Lage der Aequinoctialpunkte, zugleich aber auch die Rectascension eines jeden andern Gestirns (§. 15., b.) sich finden lasse.

---

*) Da die Fixsterne nur wie Punkte bei der Beobachtung im Fernrohre erscheinen, folglich nur einen Augenblick lang von den Fäden des Rohres bedeckt werden, so hat deren Beobachtung keine Schwierigkeiten. Anders ist dieß bei der Sonne (wie überhaupt bei allen den Himmelskörpern, die uns unter einem meßbaren Durchmesser erscheinen, dem Monde, den meisten Planeten u. s. w.), die sich uns immer als eine vollkommene kreisförmige Scheibe zeigt. Um also den wahren Ort der Sonne zu bestimmen, muß man die am Faden des Fernrohrs (§. 13., a.) beobachteten Ränder der Sonne auf deren Mittelpunkt reduciren. Will man nun die Zeit des wahren Mittags, da der Mittelpunkt der Sonne durch den Meridian geht, beobachten, so darf man nur die beiden Zeiten an der Uhr bemerken, da der vordere und der hintere (der westliche und der östliche) Rand der Sonne den verticalen Faden berührt. Die Mitte dieses Zeitraumes giebt den Augenblick, da der Mittelpunkt culminirt. — Oder sucht man die Höhe der Sonne, so beobachtet man die Höhe des obern oder des untern (des nördlichen oder südlichen) Randes, indem man den Quadranten (§. 13., a.) so stellt, daß dieser Rand den horizontalen Faden genau berührt. Um nun die Höhe des Mittelpunkts zu haben, muß man zur beobachteten Höhe des Randes, wenn es der untere war, den scheinbaren Halbmesser der Sonne (wenn dieser schon bekannt ist; vergl. unten §. 27.) addiren, oder ihn, wenn der obere Rand beobachtet war, davon subtrahiren u. s. w.

Figur 11.



Wenn Fig. 11. WO die eine Hälfte des Aequators, und WFO die nördliche Hälfte der Ekliptik (W den Frühlings- und O den Herbstäquinoctialpunkt; vergl. §. 17.) vorstellt; so ist AF die größte (nördliche) Abweichung der Sonne. Zu irgend einer Zeit vor dem Eintritt der Sonne in den Sommer-Solstitialpunkt F sei die Sonne in C, und ihre Rectascension WB. Man beobachte nun für diese Lage der Sonne den Unterschied der Rectascension zwischen der Sonne und einem Sterne (§. 15., b.). Nach dem Stillstande, wenn die Sonne in E eine Abweichung ED hat, welche der in C beobachteten CB gleich ist, beobachte man wieder den Unterschied der Rectascension von demselben Sterne. Dieser ist nun um den Bogen BD von der erst beobachteten Rectascension WB verschieden. Die Hälfte von BD ist aber der Bogen BA oder AD, der Abstand von dem Colur der Stillstandspunkte, der durch AF geht. Die Ergänzung dieser Hälfte zu 90° ist WB, als die Rectascension der Sonne zur Zeit der ersten Beobachtung. Aus dieser ist nun auch die Rectascension des zur Beobachtung gewählten Sterns bekannt, — und hieraus läßt sich nun die Rectascension eines jeden andern Gestirns finden, wenn man den Unterschied der Rectascension dieses und jenen Sterns, oder irgend eines andern der Lage nach bekannten Sterns sucht.

Freilich hat die Sonne bei der zweiten Beobachtung nicht genau dieselbe Abweichung wie bei der ersten; beobachtet man aber mehrere Tage hinter einander die Höhe der Sonne und den Unterschied der Rectascensionen, so kann man aus der Veränderung der Höhen durch eine leichte Rechnung die Zeit

schließen, zu welcher die Abweichung genau dem Bogen CB gleich war, folglich finden, wie groß man zu derselben den Unterschied der Rectascension von dem Sterne annehmen müsse.

§. 23. Länge des Tages und des Jahres.

Der Frühlingsäquinoctialpunkt ist der Punkt der Ekliptik, von welchem aus die Dauer des Umlaufs der Sonne in derselben gerechnet, d. h. die Länge des Jahres bestimmt wird. Es wird aber das Jahr nach Tagen gemessen, daher ist vor Allem der Begriff und die Dauer des Tages festzustellen.

a) Der Tag. — Da eine einmalige Umwälzung der ganzen Himmelssphäre mit der vollkommensten Gleichförmigkeit geschieht (§. 10., a.), so wäre nichts natürlicher, als diese Umwälzung, also die Zeit von der Culmination eines Sterns bis zur nächstfolgenden, zum Zeitmaaße anzunehmen. Ein solcher, bei den Astronomen allerdings gebrauchter, Tag heißt ein Sterntag, und wird in 24 Sternstunden (die Stunde in 60 Minuten u. s. w.) eingetheilt. Eine hiernach regulirte Uhr, Sternuhr, oder deren Secundenpendel, macht also innerhalb der Zeit einer ganzen Umdrehung der Himmelskugel 86400 Schwingungen, während welcher 360^0 des Aequators oder jeden Parallels (also in einer Stunde $^{360}/_{24} = 15$ Grade, in 1 Min. 15′ u. s. w.) durch den Meridian gehen. — Allein dieses Zeitmaaß ist für das bürgerliche Leben nicht brauchbar; denn der Anfang des Sterntages, welcher in dem Augenblicke beginnt, da der Frühlingsäquinoctialpunkt durch den Meridian geht, fällt bei demselben im Frühlinge auf den Mittag, im Sommer auf den Morgen u. s. w., was zu gemeinem Gebrauche höchst unbequem sein würde. Da nun die bürgerlichen Geschäfte naturgemäß mit dem Tageslaufe anfangen und aufhören, so ist das bequemste Zeitmaaß der Sonnentag, d. h. die Zeit von einem Mittage (und von diesem aus rechnen die

Astronomen, 24 Stunden hinter einander fortzählend, den Tag), oder von einer Mitternacht (mit welcher der bürgerliche, nach zweimal 12 Stunden gezählte Tag beginnt) bis zum andern, oder von einer obern oder untern Culmination (§. 10., d.) der Sonne bis zur andern. Nun sind zwar die Sonnentage, aus unten anzugebenden Ursachen, einander nicht völlig gleich (daher keine gut fortgehende Pendeluhr Tag für Tag 24 gleichförmige Stunden zeigen kann); allein man weicht dieser Unbequemlichkeit dadurch aus, daß man das Mittel aus allen Tagen des Jahres, also einen mittlern Sonnentag (s. ebendas.) annimmt und dessen Stunden alle unter einander gleich macht, so daß letztere durch jede, ungehindert und richtig fortgehende, Uhr abgemessen werden können.

Während eines mittlern Sonnentages — der in dieser Schrift, wie überhaupt bei astronomischen Zeitangaben, im Allgemeinen immer verstanden werden muß, wenn schlechtweg vom Tage die Rede ist — verfließt eine Sternzeit von 24 Stunden 3 Min. 5 Sec.; mithin sind 24 Stunden mittlerer Sonnenzeit einer Sternzeit von 24 St. 3′ 56″ gleich, woraus durch die Regel de Tri folgt, daß 24 St. Sternzeit so viel sind als 23 St. 56′ 4″ mittlerer Sonnenzeit (oder 24 St. weniger 3′ 56″). — Der mittlere Sonnentag ist also um 3 Min. 56″ länger als der Sterntag; der Sterntag hingegen ist um 3 Min. 56″ Sonnenzeit kürzer als der Sonnentag, und in 23 St. 56′ 4″ vollendet die Himmelssphäre einen ganzen Umschwung. — Diese Verhältnisse sind hinlänglich, jede mittlere Sonnenzeit in Sternzeit, und umgekehrt, zu verwandeln, indem die Regel de Tri folgende Vergleichungen giebt:

1 St. mittlerer Sonnenzeit ist = 1 St. $9^4/_5$″ Sternzeit;
1 St. Sternzeit = 59 Min. $50^1/_5$″ Sonnenzeit
u. s. w.

Es ist übrigens leicht einzusehen, daß ein Sterntag darum

kürzer sein muß als ein Sonnentag, weil das tägliche, im Mittel fast einen Grad (genauer 59′ 8″) betragende Fortrücken der Sonne nach Osten (wodurch sie sich nach eben dieser Richtung hin täglich von einem gewissen Sterne, mit dem sie zugleich culminirte, entfernt) ein früheres Eintreffen des Sterns im Meridian, als das der Sonne, herbeiführt.

b) Das Jahr. — Das Jahr ist überhaupt die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um einen ganzen Umlauf an der Himmelssphäre zu machen, also an einen und denselben Ort am Himmel wieder zurückzukehren. Dieser Ort ist, wie man von längster Zeit her angenommmen hat, der Frühlingsäquinoctialpunkt. Allein dieser Punkt hat keine dauerndfeste Lage, indem derselbe, zwar sehr langsam, aber doch merklich, nämlich in einem Jahre um 50½ Sec. eines Grades von Ost nach West, also in einer dem täglichen Fortrücken der Sonne entgegengesetzten Richtung (gegen die Ordnung der Zeichen) sich bewegt, oder längs der Ekliptik, deren Neigung gegen den Aequator hierbei unverändert bleibt, rückwärts geht, was man das Zurückweichen der Aequinoctialpunkte (denn der zweite dieser Punkte nimmt an dieser Bewegung gleichmäßigen Antheil) zu nennen pflegt. Vermöge dieses Zurückweichens nun, welches in eine Periode von fast 26000 Jahren eingeschlossen ist, kehrt die Sonne nach jedem Umlaufe etwas früher in den Frühlingspunkt, als in den Punkt ihrer Bahn zurück, den sie in Beziehung auf einen Fixstern wieder erreicht, daher es auch das Vorrücken oder Voreilen der Nachtgleichen (Präcession) heißt. Hieraus entspringen zweierlei Jahre:

1. Das tropische Jahr, also die Zeit, in der die Sonne einen Umlauf längs der Ekliptik macht, oder die Zeit von dem Eintritt der Sonne in den Frühlingspunkt bis zum nächstfolgenden, während welcher also die Rectascension der Sonne von 0° bis zu 360° zunimmt. Diese Zeit, welche unserer

bürgerlichen Zeitrechnung zum Grunde liegt (das **Kalenderjahr**), beträgt 365 Tage 5 Stunden 48′ 48″.*)

2. Das **Sternjahr** (**siderisches Jahr**), d. h. die Zeit, welche die umlaufende Sonne gebraucht, um zu einem und demselben Fixsterne zurückzukehren, also die Zeit des einzigen, wahren, sich immer gleichbleibenden Umlaufs der Sonne, welche demnach etwas länger als die Zeit des erstgenannten Jahres sein muß; sie beträgt 365 Tage 6 St. 9′ 15″.

Der Unterschied zwischen den beiderlei Jahren beläuft sich also auf 20 Min. 27″.

c) **Zeichen und Sternbild.** — Das **Zurückweichen der Aequinoctialpunkte**, mit welchem man sich zugleich ein Verschieben der ganzen Aequatorebene auf der Ebene der Ekliptik, und damit auch eine allmälige rückwärtsgehende Umdrehung der Pole des Aequators um die Pole der Ekliptik (§. 17.), wobei der Nordpol mit der Zeit durch andere Sterne geht (nicht immer in der Nähe des jetzigen Polarsternes bleiben kann) verbunden denken muß, — bewirkt außer diesen und andern an der Fixsternsphäre wahrnehmbaren Veränderungen auch die, welche oben, §. 19. Anmerk., angedeutet ward.

Da nämlich der Frühlingspunkt auf der Ekliptik zurück-

*) Es ist aber bei diesem Jahre eine Ausgleichung nöthig. Gemeinhin nimmt man nämlich das Kalenderjahr zu 365, und jedes vierte Jahr (wegen obigen Ueberschusses) zu 366 Tagen an. Da aber hierbei etwas zu viel gerechnet ist (6 Stunden statt 5 St. 48′ 48″), so rechnet man **die** Jahre nicht als Schaltjahre, deren Jahrzahl ein volles Jahrhundert, und so beschaffen ist, daß sie sich, nach Hinwegstreichung der beiden Nullen, nicht durch 4 theilen läßt. Die Jahre 1700 und 1800 waren also keine Schaltjahre; 1900 wird auch ein solches nicht sein, wohl aber 2000. Es bestehen demnach je 400 Kalenderjahre aus 303 gemeinen, und 97 Schaltjahren, und es betragen 400 Kalenderjahre 146097 Tage. Aber 400 Sonnenjahre machen 146096 Tage 21 St. 9 Min.; der Fehler unsers Kalenders beträgt also in 400 Jahren nur 2 St. 51 Min., was unbedeutend genug ist.

geht, also auch nach und nach die Sternbilder des Thierkreises rückwärts durchläuft, so kann das Zeichen, oder der Grad des Zeichens (§. 18., b.), mit welchem vor Jahrhunderten beim Eintritt des Aequinoctiums ein gewisses Sternbild des Thierkreises (oder ein bestimmter Punkt desselben) zusammenfiel, gegenwärtig nicht mehr in dieses Sternbild (oder in einen gewissen Punkt desselben) fallen. Dieß ist denn auch wirklich der Fall, indem der Frühlingspunkt, der vor fast 3000 Jahren in der Mitte des Widders (§. 19., 2.) lag (welches Sternbild daher den Anfang machte), jetzt in dem Sternbilde der Fische liegt, das Sternbild des Widders aber ganz in dem zweiten Zeichen (♉) liegt, wie man an dem künstlichen Himmelsglobus deutlich sehen kann. Man muß daher jetzt wohl unterscheiden: Sternbild, z. B. das der Zwillinge, und das gleichnamige Zeichen (♊), und also den Ort eines Planeten, des Mondes oder eines andern seine Lage unter den Fixsternen ändernden Himmelskörpers, wenn derselbe in ein gewisses Zeichen, z. B. in ♊ gesetzt wird, in dem vorhergehenden Sternbilde, also in dem des Stieres suchen.

§. 24. Länge und Breite.

Der Bogen WC der Ekliptik WFO (Fig. 11. S. 52.) zwischen dem Frühlingspunkte W (oder 0° ♈) und dem Orte der Sonne C heißt die Länge der Sonne. Es ist aber überhaupt die Ekliptik ein so wichtiger Kreis am Himmel, daß man sich ihrer vorzüglich bedient, die Lage der Gestirne nach derselben anzugeben. Man bestimmt nämlich diese Lage theils nach dem nördlichen und südlichen Abstande von der Ekliptik, theils nach der Entfernung vom Frühlingspunkte. In jener Beziehung heißt der Abstand eines Gestirns von der Ekliptik seine Breite (welche bei der Sonne natürlich nicht Statt findet), und man mißt diese an dem Bogen eines senkrecht durch die Ekliptik und deren Pole um die Himmels-

sphäre gezogenen Kreises, — welche Kreise man, aus einer sogleich anzugebenden Ursache, Längenkreise nennt. In dieser Beziehung heißt der Abstand des Längenkreises eines Sterns vom Frühlingspunkte, von Abend nach Morgen in Zeichen und Graden der Ekliptik gerechnet, die Länge des Gestirns. Alle Sterne, die in demselben Längenkreise, diesseits und jenseits der Ekliptik, stehen, haben einerlei Länge, daher eben diese Kreise den Namen der Längenkreise führen, wohingegen man die Kreislinien, die man mit der Ekliptik, nord- und südwärts, parallel gezogen denkt (sie werden, je näher den Polen der Ekliptik, desto kleiner), Breitenkreise nennt, weil alle in einem solchen Kreise befindliche Sterne einerlei Breite haben. Dieß Alles kann man an dem künstlichen Globus, der viele Längen- und Breitenkreise enthält, sich am Besten verdeutlichen.

Breite und Länge (welche Ausdrücke auch bei der Eintheilung der Erdoberfläche gebraucht werden, und aus der mathematischen Geographie bekannt sind) bedeuten, wie man leicht sieht, in Absicht auf die Ekliptik dasselbe, was Declination und Rectascension in Beziehung auf den Aequator (§. 14.) bezeichnen. Es würde in Betracht der unglaublichen Menge der Sterne ein weitläufiges und beschwerliches Geschäft für den Astronomen sein, wenn er für beiderlei Bestimmungen besondere Beobachtungen anstellen müßte. Glücklicherweise ist dieses Geschäft aber auch nicht nöthig; denn da man die Lage der Ekliptik und des Aequators, so wie einzelner Punkte derselben, gegen einander genau kennt, so kann man vermöge dieser Kenntniß und mit Hülfe der sphärischen Trigonometrie*) aus der Declination und Rectascension, wenn diese bereits gefunden sind, leicht die Breite

---

*) S. Kl. math. Handb. §. 135. ff., wo wenigstens ein kurzer Begriff von diesem Theile der Trigonometrie gegeben ist.

und Länge, und umgekehrt, herleiten, — was weiter zu erklären (wie auch, welche Veränderungen durch das Vorrücken der Nachtgleichen in der Länge und Rectascension der Sterne u. s. w. allmälig bewirkt werden, was freilich den richtigen Gebrauch der Globen und Himmelscharten nur für einen gewissen Zeitraum sichert) für populäre Belehrung nicht nöthig ist.

§. 25. Einige am Globus zu lösende Aufgaben.

a) Den Ort der Sonne in der Ekliptik zu finden. — Hierzu kann man den Kalender gebrauchen, der auf dem hölzernen Horizonte SN (Fig. 5. S. 15.) gezeichnet ist. Auf der Oberfläche dieses Horizonts (vergl. §. 7. und 9.) findet man die verschiedenen Abtheilungen der Ekliptik: 1.) in Grade vor- und rückwärts gezählt; 2.) in 12 Zeichen (jedes zu 30°), worin der Anfang des ersten Zeichens (♈) dem Ende des 360sten Grades der ersten Abtheilung gegenüber steht; 3.) in 12 Monate mit der Zahl der für jeden gehörigen Tage, so daß der 21ste März dem Nullpunkte des ♈ gegenüber steht. — Vermittelst gedachter Abtheilungen nun läßt sich obige Aufgabe leicht lösen. Man sucht den gegebenen Monat und Tag auf, und findet gegenüber das Zeichen und den Grad der Ekliptik, worin die Sonne steht. Z. B. den 6. August findet man 15 Grade des Zeichens ♌ (des 5ten Zeichens), also 4 Zeichen und 15 Grade. Man sucht diese Stelle auf der Ekliptik der Kugel, und findet, daß sie ungefähr in die Mitte zwischen die Krippe und Regulus (§. 19., 5. und 6.) fällt. Da würde man also die Sonne am gedachten Tage sehen, wenn ihr Glanz die Sterne nicht überstrahlte.

Genauer findet man die Länge der Sonne in astronomischen (z. B. in den Berliner, jetzt von Encke herausgegebenen) Jahrbüchern, und in astronomischen Kalendern. Für Liebhaber der Sternkunde kann hier (als ausreichend für diesen und andere Zwecke, z. B. für Auffindung des täglichen Orts des

Mondes und der Planeten) empfohlen werden: Verbesserter Kalender (jährlich neu erscheinend) für das Königr. Sachsen und für andere Länder, nach dem Leipziger Mittagskreise (von Prof. Möbius) berechnet. Leipzig bei Wilh. Staritz.

b) Die Lage des Himmels für eine gewisse Stunde eines gegebenen Tages zu bestimmen. — Man suche auf der nach den Weltgegenden (§. 9., b.) und der Polhöhe (§. 11., b.) gestellten Kugel den Ort der Sonne in der Ekliptik, und bringe denselben unter den messingenen Meridian. Man stelle ferner den Zeiger auf 12 Uhr Mittags, und drehe nun die Kugel, bis der Zeiger die verlangte Stunde zeigt; so hat man die Lage des Himmels (den Stand der einzelnen Sternbilder u. s. w.) für die gegebene Stunde. — Denn, indem man den Ort der Sonne an den messingenen Meridian gebracht hat, hat man die Lage des Himmels für den Mittag, also für eine bestimmte Stunde. Wenn nun der Zeiger von Osten nach Westen eine gewisse Anzahl von Stunden durchläuft, so durchlaufen die auf der Kugel verzeichneten Sterne so viel Grade, als sie in eben so viel Stunden am Himmel durchlaufen, und finden sich also zuletzt auf der Kugel in einer mit dem Himmel übereinstimmenden Lage.

Auf diese Weise kann man nach und nach sehr leicht die vorzüglichsten Sternbilder (§. 19. 20.), nebst einzelnen darin befindlichen Sternen 1., 2. Grades u. s. w., am Himmel aufsuchen und kennen lernen. — Wählt man hierzu anfänglich die frühe Abendzeit, wo nur die hellsten Sterne sichtbar sind, oder etwas mondhelle Nächte (wo also die kleinen Sterne nicht wohl erkennbar sind), so wird man nicht durch die Menge der Sterne in Verwirrung gerathen; weiterhin kann man mit desto besserm Erfolg auch in andern (nicht trüben) Nächten das Aufsuchen fortsetzen. Fährt man auf diese Art ein Jahr lang fort (wobei man die Kugel immer so zu drehen hat, daß der Zeiger die jedesmalige Stunde der Beobachtung zeigt),

bis die Sonne in Betracht der Sternbilder, oder diese in Betracht der Sonne wieder in dieselbe Lage kommen, so wird man sich soweit am gestirnten Himmel orientiren, daß man, bei noch weiter fortgesetzter Betrachtung, es leicht finden wird, auch Einzelnes, z. B. kleinere Sterne und Sterngruppen, Doppelsterne, Nebelflecken u. s. w., aufzusuchen und sich nach Lage, Gestaltung u. s. w. bekannt zu machen.

c) Die Rectascension und Declination der Sonne oder eines Sternes zu finden. — Man bringt den Ort der Sonne oder eines andern Gestirns an den messingenen Meridian, und zählt dort die Grade bis zum Aequator; diese geben die, nördliche oder südliche, Abweichung. Bemerkt man ferner den Grad des Aequators, der zu gleicher Zeit im Meridian ist, so giebt dieser die gerade Aufsteigung.

d) Die Länge und Breite eines Sternes zu finden. — Man sucht auf der Kugel den Nordpol der Ekliptik (im Sternbilde des Drachen, §. 20., an dem Orte, wo der nördliche Polarzirkel und der Colur der Sonnenwenden einander durchschneiden) und bringt denselben unter den messingenen Meridian, nachdem man an diesem Punkte den kleinen Quadranten (§. 12., b.) befestigt hat. Führt man nun letztern durch den gegebenen Stern und zählt die Grade vom Stern bis an die Ekliptik, so hat man die Breite; merkt man den Grad der Ekliptik, der vom Quadranten getroffen wird, so giebt dieser die Länge. — Liegt der Stern auf der Südseite der Ekliptik, so muß der Südpol der Ekliptik unter den Meridian gebracht werden u. s. w.

e) Die Zeit des Auf- und Unterganges der Sonne oder eines Sterns für einen gegebenen Tag zu finden. — Man bringt auf der nach der Polhöhe gestellten Kugel den Ort der Sonne (des Mondes oder eines Planeten u. s. w.) an den messingenen Meridian, und stellt den Zeiger auf Mittag. Dreht man nun die Kugel, bis der

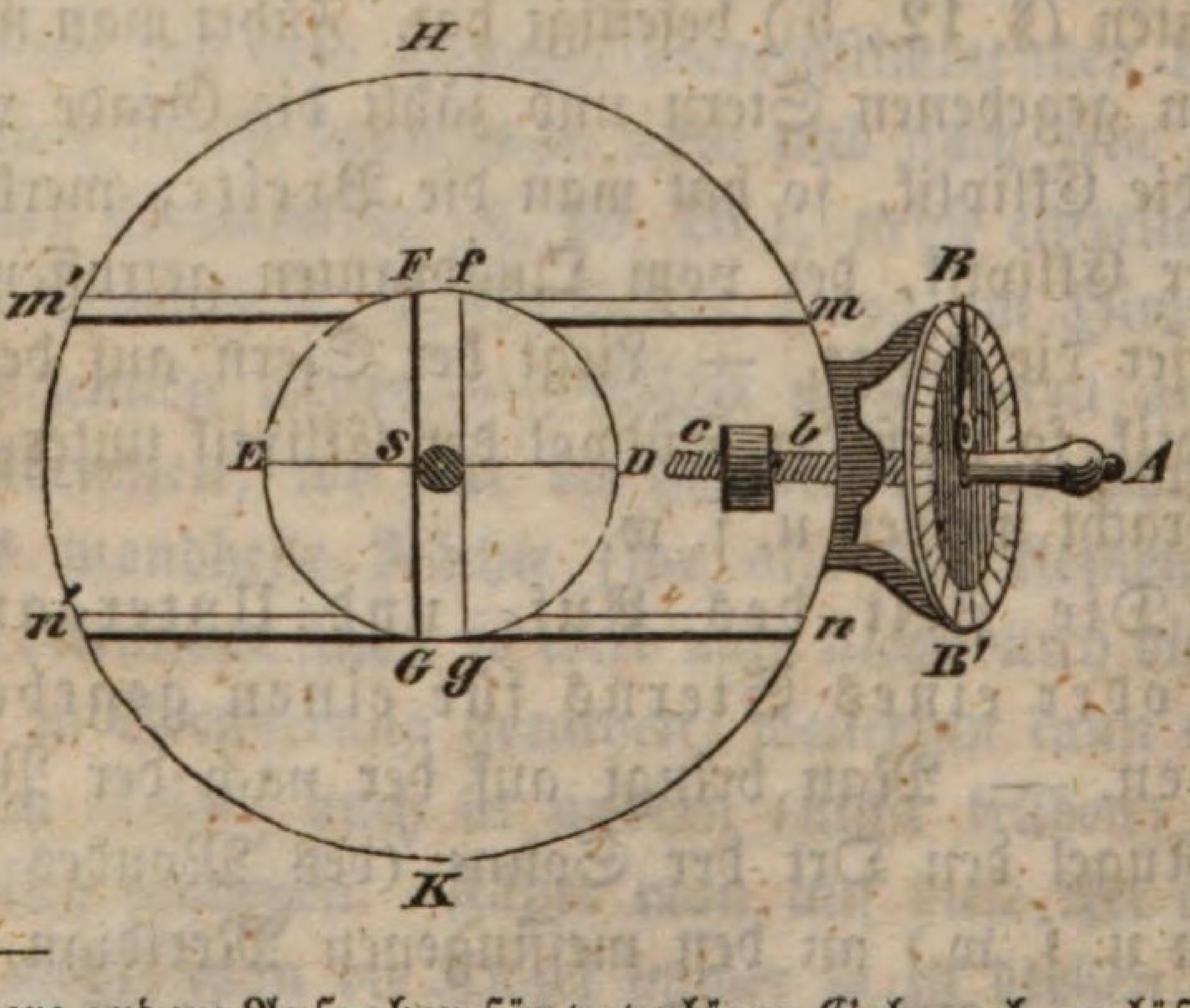
Ort der Sonne, oder der Stern u. s. w. am östlichen oder westlichen Horizonte steht, so weiset der Zeiger die Stunde des Auf- oder Unterganges, was aus b. klar genug ist. *)

§. 26. Mikrometer. Scheinbare Sonnendurchmesser.

Bisher haben wir, wie man in früheren Zeiten immer gethan hat, die Sonnenbahn als einen Kreis, gleich dem Aequator, dem Meridian u. s. w. (wie der künstliche Globus zeigt) angenommen. Daß diese Annahme einer Berichtigung bedürfe, zeigen die durch neuere Erfindungen möglich gewordenen genauen Messungen des scheinbaren Durchmessers der Sonnenscheibe. Die zu diesen Messungen (wie überhaupt zu scharfer Bestimmung des scheinbaren Durchmessers aller der Himmelskörper, an denen ein solcher zu erkennen ist, als: der Sonne, des Mondes, der Planeten u. s. w.) dienenden Werkzeuge werden Mikrometer genannt. Was es damit für eine Bewandtniß habe, verdient in der Kürze erklärt zu werden.

Eine der einfachsten und begreiflichsten mikrometrischen Vorrichtungen ist die hier (Fig. 12.) abgebildete. **)

Figur 12.



*) Mehrere andere Aufgaben für populären Gebrauch zu lösen, geben

Die Hauptsache dabei ist, daß ein Faden in der Gegend des Brennpunktes eines astronomischen Fernrohrs vertical befestigt, ein anderer aber so angebracht ist, daß er dem erstern, genau parallel mit demselben, genähert oder von ihm entfernt werden kann.

HK ist eine im Brennpunkte des Fernrohrs senkrecht auf dessen optische Axe befestigte metallene Platte, in der sich ein kreisrundes Loch DFEGD, welches das Feld des Fernrohrs enthalten soll, befindet. Auf der Platte ist ein horizontaler (überaus feiner Silber-) Faden ED, und ein verticaler FG befestigt; mm′ und nn′ sind zwei feine Schieber, zwischen welchen und der Platte sich eine zweite, ebenfalls kreisförmig durchbohrte Platte, parallel mit jener ersten, vermittelst einer feinen Schraube Abc hin und her bewegen läßt. Diese zweite Platte ist ebenfalls mit einem verticalen, überaus feinen Faden fg versehen, der sich, wenn die Platte vermittelst gedachter Schraube bewegt wird, parallel mit dem Faden FG vor- und rückwärts bewegt. Die Schraube trägt bei ihrer Handhabe A einen Zeiger (Index) B, der während der Umdrehung der Schraube auf einer eingetheilten Scheibe BB′ die Hunderttheile jeder Umdrehung anzeigt.

Vermittelst der Schraube, welche, wie nothwendig sein muß, sehr feine und durchaus gleiche Windungen hat, läßt sich nun, indem die (durch ein vor dem Ocular des Rohres befindliches Blendglas sehr scharf sich darstellende) Sonnenscheibe im Fernrohre sich zeigt, dem beweglichen Faden fg der Abstand vom unbeweglichen FG geben, welcher gerade hin-

---

z. B. die Schriften von Littrow (Wunder d. Himmels. I. Hauptabth. Kap. 13.), Brandes (Vorlesungen rc. I. Th. 7. Vorles. S. 68 ff.), Bode (Erläuterungen der Sternkunde rc., 3. Aufl. von 1808., I. Th. §. 155 ff.) die nöthige Anleitung.

**) Sie stimmt in der Hauptsache mit der von Biot und von Littrow angegebenen und beschriebenen überein.

reicht, die Sonne S zwischen beide einzuschließen, oder den Zwischenraum der Fäden F G und f g dem scheinbaren Durchmesser der Sonne gleich zu machen. Ist solches geschehen, so zählt man, indem man die Schraube so oft umdreht, bis beide Fäden zusammenfallen, vermittelst des Zeigers, wie viele ganze Umgänge und Hunderttheile eines Umgangs hierzu erforderlich sind, wobei man aber den Werth eines jeden Umganges aus andern Beobachtungen schon kennen muß.*) Gesetzt man wisse, daß ein ganzer Umgang der Schraube 47,7 Secunden, und also jeder hundertste Theil 0,477 Sec. (nocht nicht ganz $1/2''$) betrage, so findet sich, daß, wenn die Schraube $40^1/_4$ Umgänge machen muß, um beide Fäden zusammen zu bringen, der Durchmesser der Sonne 32 Minuten (etwas über $1/2^0$) beträgt.

Kennt man den Durchmesser der Sonne schon aus andern Beobachtungen, so kann man daraus umgekehrt den Werth eines Umganges der Schraube kennen lernen, und vermittelst dieser erlangten Kenntniß die scheinbaren Durchmesser anderer Himmelskörper (der Planeten und ihrer Trabanten u. s. w.), überhaupt kleine Unterschiede in der Entfernung himmlischer Gegenstände, in der Rectascension nahestehender Fixsterne u. s. w. bestimmen.

---

*) Eine solche Beobachtung läßt sich in Gemäßheit dessen, was in §. 15. unter b. erklärt worden ist, am Mittagsfernrohr (§. 15., c.) leicht anstellen. Man stellt nämlich die Fäden F G, f g (Fig. 12.) in einer beliebigen Entfernung von einander, und läßt einen bekannten Stern von einem Faden zum andern nach der täglichen Bewegung (§. 2.) rücken. Aus der Zeit, die er hierbei zubringt, läßt sich das Bogenstück oder der Winkel berechnen, den der Stern beschrieben hat. Nun nähert man die beiden Fäden bis zur Berührung und zählt die Schraubengänge; so erfährt man, wie groß für den Raum, den der bewegliche Faden bei einer Umdrehung der Schraube durchläuft, der Winkel sei (oder man erfährt den Werth eines jeden Schraubenumgangs).

Man erfährt aber den Durchmesser der Sonne unter Anderm, wenn man an einem Mauerquadranten (§. 15., a.), oder mit dem Passage-Instrumente (§. 15., c.) die Zeit beobachtet, welche die Sonnenscheibe braucht, um ganz (von einem Rande zum andern) durch den Meridian zu gehen, und man diese Zeit in Gradtheile verwandelt (ganz so, wie oben §. 15. unter b. in Betreff des Verfahrens bei der Bestimmung der Rectascension zweier Gestirne gelehrt worden ist; wobei aber auf die, wie sich unten zeigen wird, veränderliche Declination der Sonne Rücksicht genommen werden muß, was sich hier in der Kürze nicht erklären läßt).

Weiß man nun den scheinbaren Durchmesser der Sonne, so faßt man ihn zwischen beiden verticalen Fäden des Mikrometers, und zählt hierauf, wie viele Male die Schraube umgedreht werden muß, bis daß beide Fäden zusammenfallen. Dividirt man durch diese Anzahl der Umdrehungen den scheinbaren Durchmesser der Sonne, so findet sich der Werth eines jeden Umgangs.

§. 27. Wahre Gestalt der Sonnenbahn. Ellipse.

a) Die in allen Punkten der Sonnenbahn angestellten und vielfältig wiederholten mikrometrischen Messungen der Sonnenscheibe haben ergeben: daß der scheinbare Sonnendurchmesser veränderlich ist und während eines jährlichen Umlaufes der Sonne eine regelmäßige, mit jedem neuen Umlaufe in gleicher Weise sich wiederholende, Ab- und Zunahme erleidet. Am größten erscheint dieser Durchmesser um den 31. December und beträgt 32′ 35″, am kleinsten um den 1. Juli, wo er nur 31′ 30″ beträgt; der mittlere ist also 32′ 2″. Da es ungereimt sein würde, anzunehmen, daß die Sonne ihre wirkliche Größe periodisch ändert, so kann die beobachtete Aenderung der scheinbaren Größe nur von einer

wirklichen Aenderung der Entfernung herrühren, so daß diese um den 1. Juli am größten, um den 31. December am kleinsten ist, überhaupt aber im verkehrten Verhältnisse zu den scheinbaren Sonnendurchmessern steht. Hieraus hat man berechnet, daß, wenn man die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde zur Maaßeinheit annimmt, die größte, die mittlere und die kleinste Entfernung von uns sich wie die Zahlen 1.0242; 1.0000; 0.9904 verhalten.

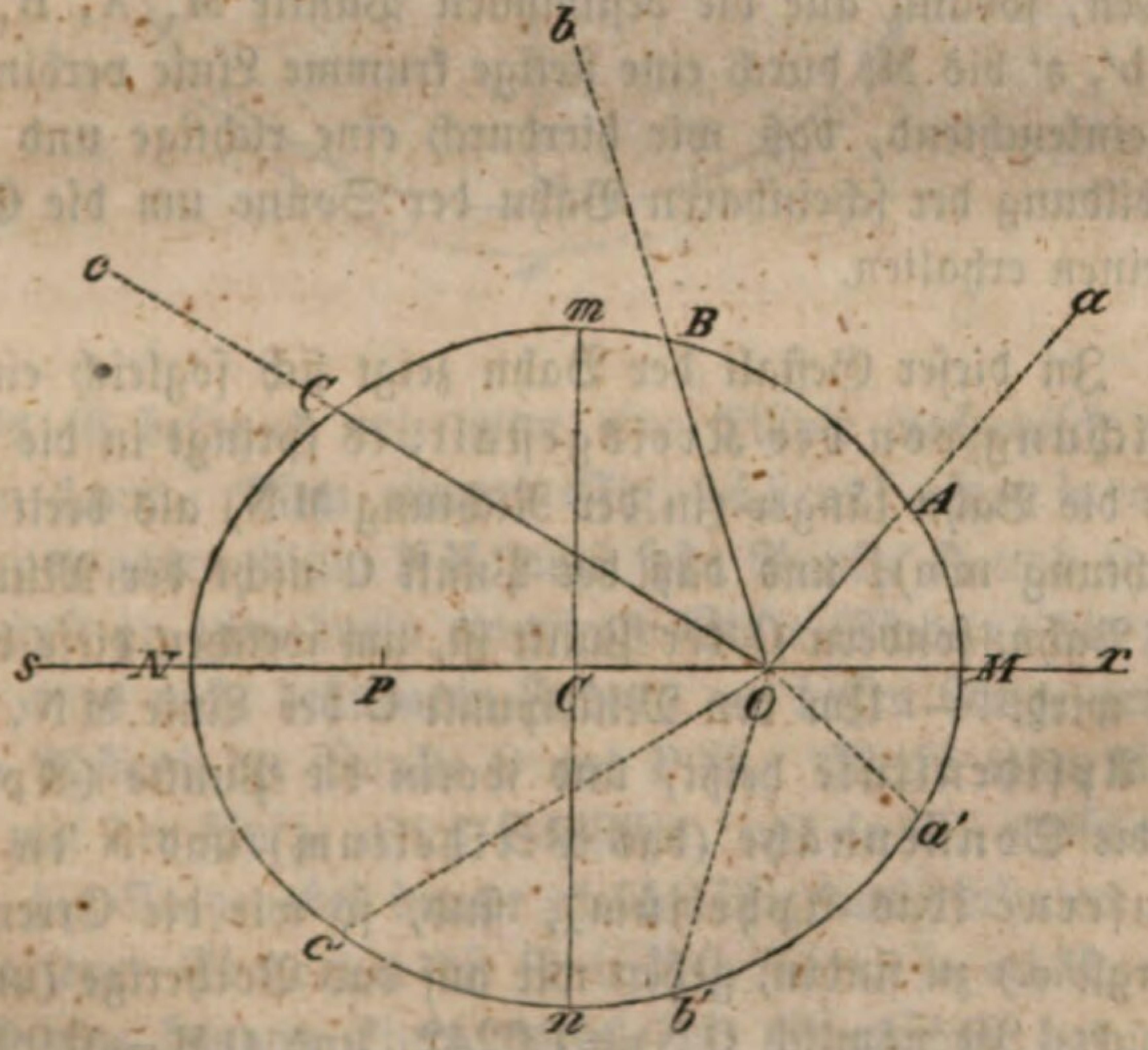
b) Eine andere wichtige Wahrnehmung ist die: daß auch die scheinbare Geschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit) der Sonne in ihrer Bahn nicht immer von gleicher Größe ist. Denn wenn man den Ort der Sonne das ganze Jahr hindurch täglich am Quadranten oder am Mittagsfernrohre (§. 15., c.) beobachtet, und daraus die Länge der Sonne (§. 24., a.) für jeden Tag berechnet, so findet sich, daß die Aenderung der Länge in 24 mittlern Sonnenstunden, oder die tägliche Bewegung durchschnittlich $0^{0}\ 59'$ beträgt, aber um den 31. December sich auf $1^{0}\ 1'\ 10''$, um den 1. Juli nur auf $0^{0}\ 57'\ 12''$ beläuft (dieß die äußersten Grenzen und der mittlere Werth der scheinbaren Geschwindigkeit der Sonne in ihrer jährlichen Bahn), — woraus sich auch der Unterschied zwischen dem wahren und mittlern Sonnentag (welchen letztern man sich als aus einer gleichförmig längs des Aequators, von 0^{0} ♈ bis wieder dahin, sich bewegenden, eingebildeten mittleren Sonne entstehend denken kann) erklären läßt.

Vergleicht man die scheinbaren Geschwindigkeiten der Sonne mit ihrem scheinbaren Durchmesser, so ergiebt sich, daß da, wo der Durchmesser am größten, also die Entfernung der Sonne am kleinsten ist, die größte Geschwindigkeit, — und da, wo der Durchmesser am kleinsten, also die Entfernung am größten ist, die kleinste Geschwindigkeit Statt findet; daß

überhaupt die scheinbare Geschwindigkeit abnimmt, wenn die Entfernung zunimmt, und umgekehrt.

c) Aus a und b folgt, daß die wirkliche Bahn der Sonne um die (als ruhend gedachte) Erde kein Kreis ist, der die Erde zum Mittelpunkt hat, und daß die Lage der Erde in jener Bahn excentrisch ist. — Welches ist aber die wahre Gestalt der Bahn? Dieß läßt sich durch folgende (graphische) Darstellung finden.

Figur 13.



Wenn wir von einem Punkte O aus (Fig. 13.), der die Erde vorstellen mag, auf einer geraden Linie s r in einer bestimmten Richtung eine Linie O A von willkührlicher Länge ziehen, an diese eine Reihe von Winkeln r O a, a O b, a O c, A O s u. s. w. legen, die den das ganze Jahr hindurch (also

täglich) beobachteten Längen der Sonne gleich sind, und auf den gezogenen Linien von O aus die Stücke OA, OB, OC, ON, welche die aus den beobachteten scheinbaren Durchmesser abgeleiteten Abstände der Sonne (OM als den Abstand angenommen, wo der scheinbare Sonnendurchmesser am größten, und ON als den, wo dieser Durchmesser am kleinsten erscheint) vorstellen und ihnen proportional sind, — wenn wir dieses Verfahren auch auf der andern Seite der Linie NM fortsetzen und hierdurch die jenen Winkeln cOs u. s. w. entsprechenden Winkel sOc′ u. s. w., und die Punkte c′, b′, a′ finden, sodann alle die bestimmten Punkte M, A, B, C, N, c′, b′, a′ bis M, durch eine stetige krumme Linie verbinden, so ist einleuchtend, daß wir hierdurch eine richtige und getreue Abbildung der scheinbaren Bahn der Sonne um die Erde im Kleinen erhalten.

In dieser Gestalt der Bahn zeigt sich sogleich eine Abweichung von der Kreisgestalt; es springt in die Augen, daß die Bahn länger (in der Richtung MN) als breit (in der Richtung mn), und daß der Punkt C nicht der Mittelpunkt der Bahn, sondern O der Punkt ist, um welchen diese beschrieben wird. — Um den Mittelpunkt C der Linie MN, welche die Apsidenlinie heißt, und worin die Punkte (Apsiden) M die Sonnennähe (das Perihelium) und N die Sonnenferne (das Aphelium), sind, so wie die Excentricität (vergl. e.) zu finden, gehen wir auf das Vorherige (unter a.) zurück. Ist nämlich ON = 1,0242, und OM = 0,9904; so giebt die halbe Summe dieser beiden Größen sofort CN oder CM = 1,0073, und die halbe Differenz derselben Größen giebt die Excentricität CO = 0,0169, — kürzer: etwa 1/60.

d) Die genauere Betrachtung des nach c. Gefundenen zeigt, daß die Bahn der Sonne eine Ellipse ist, in welcher die Sonne außerhalb des Mittelpunkts in O liegt.

Figur 14.

Es ist bekannt, wie man eine Ellipse mechanisch verzeichnen kann. Man nimmt (Fig. 14.) auf einer in einer Ebene gezogenen Linie NM zwei feste Punkte P und O an, und knüpft an zwei darin eingesetzte Stifte (Nadeln) die zwei Enden eines nicht dehnbaren Fadens an, dessen Länge größer als der Abstand der Punkte O und P ist. Wenn man diesen Faden mit der Spitze eines Bleistifts, wie in T, ausspannt, und so die Spitze, bei immer gleichmäßig ausgedehntem Faden, in jener Ebene um die Linie PO führt, so erhält man dadurch eine krumme Linie, welche die Eigenschaft hat, daß für alle Punkte T u. s. w. ihres Umfangs die Summe der beiden Theile OT und PT des Fadens, oder die Summe der beiden Abstände OT und PT, immer dieselbe ist. Unter diesen Punkten sind vorzüglich zwei merkwürdig, nämlich die Punkte M und N, die in der Verlängerung der Linie OP liegen, welche jene zwei fixen Punkte verbindet. Ist der beschreibende Stift in M, so liegt ein Theil des Fadens über

der Linie PM, und der andere über OM; er liegt also über OM doppelt, und der Abstand von P nach M ist gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke OM. Kommt dann der beschreibende Stift nach N, so liegt wieder ein Theil des Fadens auf der Linie ON, und der andere auf PN; er liegt also hier über PN doppelt, und die Distanz von O nach N ist wieder gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke PN. Da aber diese beiden Stellungen des Stifts in Nichts als in der Lage desselben verschieden sind, indem er einmal rechts, und dann links von OP stand, so müssen auch die beiden Stücke OM und PN, wo der Faden in beiden Fällen doppelt lag, einander gleich sein. In der ersten Lage waren die beiden Theile des Fadens PM und OM, das heißt also PM und PN zusammen genommen gleich NM, und in der zweiten Lage waren diese Theile ON und PN, das heißt ON und OM, also wieder gleich NM. Daraus folgt also, daß die zwei äußersten Punkte N und M, in welchen der beschreibende Stift die verlängerte, durch die beiden fixen Punkte P, O gehende Linie PO trifft, um die ganze Länge des Fadens von einander entfernt sind, und daß daher auch die Summe der Abstände eines jeden andern Ortes T′ des beschreibenden Stiftes von ihren beiden fixen Punkten P und O, also $T'P + T'O$, demselben Abstande NM jener beiden äußersten Punkte, oder der Linie MN gleich ist. Wenn nun m der Ort des beschreibenden Stifts ist, so ist auch $mP + mO = NM$. Da aber, wie sich leicht beweisen läßt (weil PmO ein gleichschenkliges Dreieck ist*), $mP = mO$ ist, so ist sowohl mP, als $mO = \frac{1}{2} NM$. — Die krumme Linie MmNnM, welche auf die angegebene Art und mit den bezeichneten Eigenschaften von dem Stifte beschrieben wird, nennt man eine Ellipse. Man sieht, daß sie einem Kreise MrNsM desto

*) Kl. math. Handb. §. 79.

näher kommt, je näher die beiden fixen Punkte O, P an einander genommen werden. Bringt man endlich diese beiden Punkte in der Mitte C der Linie OP zusammen, so geht die Ellipse ganz in einen Kreis über, und alle von C an die krumme Linie gezogenen geraden Linien werden, als Kreishalbmesser, einander gleich.

e) Man nennt in der Ellipse (Fig. 14.) die beiden fixen Punkte O und P die Brennpunkte, die äußersten Punkte M und N aber die Scheitel, und ihren Abstand (oder die Linie MN) die große Axe der Ellipse. Theilt man die Linie OP (oder auch MN) in dem Punkte C in zwei gleiche Theile, so heißt C der Mittelpunkt und CO = CP die Excentricität. Errichtet man durch C eine auf die große Axe MN senkrechte Linie mn, so heißt diese die kleine Axe der Ellipse. Da für den Endpunkt m dieser kleinen Axe mO und mP einander gleich sind (oder da jede dieser beiden Linien der halben großen Axe gleich ist, daher sie auch die mittlere Entfernung eines in der Ellipse um den Brennpunkt O oder P laufenden Körpers bestimmen); so ist, nach dem Pythagorischen Lehrsatze*), die Summe der Quadrate der Excentricität CP und der halben kleinen Axe mC gleich dem Quadrate der halben großen Axe mP = CN, so daß daher, wenn zwei von diesen drei Größen bekannt sind, auch sofort, nach dem gedachten Lehrsatze, die dritte derselben gefunden wird. — Endlich nennt man den Abstand TO oder TP (T′O oder T′P u. s. w.) eines jeden Punktes T, T′ u. s. w. der Ellipse von einem der beiden Brennpunkte derselben den Radius Vector (Zuglinie) dieses Punktes der Ellipse.

§. 28.

a) Die zwei ersten Kepler'schen Gesetze. — Die elliptische Gestalt der Sonnenbahn, die excentrische Lage der

*) Kl. math. Handb. §. 91.

Erde innerhalb derselben, und die ungleiche Geschwindigkeit, mit welcher sie von der Sonne selbst durchlaufen wird (§. 27., b.), dieß Alles macht die Berechnung des Ortes *) der Sonne für jede gegebene Zeit sehr schwierig, ja unmöglich, so lange man das Gesetz ihrer wirklichen Geschwindigkeit nicht kennt. Dieses Gesetz ist aber seit Kepler (geb. 1571 zu Wiel im Würtemberg., gest. zu Regensburg 1631), der dasselbe zuerst aus höchst mühsamen und beschwerlichen, auf eine lange Reihe vorhergegangener Beobachtungen gegründeten Berechnungen

---

*) Zur genauen Berechnung dieses Orts gehört auch die Kenntniß der Lage der Apsiden (oder der Länge des Periheliums; §. 24., a.), also des zu dem Winkel **LSP** gehörigen Bogenstücks (Fig. 35. zu §. 66., b.) zwischen dem Perihelium **P** und dem Frühlingspunkte ♈, welcher nach **SL** hinausliegt. Diese Lage kann man auf folgende Weise kennen lernen:

Man beobachtet während einer ganzen Umlaufszeit (oder mehrerer jährlichen Umläufe) täglich die Länge der Sonne (§. 24., a.), und sucht dann aus allen diesen Beobachtungen diejenigen zwei heraus, die a) genau ein halbes Jahr von einander entfernt, und für welche b) die beiden Längen der Sonne um 180° verschieden sind. An der Vereinigung dieser beiden Erforndernisse erkennt man nämlich, daß die Sonne in ihren Apsiden (**P** und **A**) gewesen sein muß. Für jede andere durch die Sonne **S** gehende gerade Linie **LSM''** oder **MSm** wird zwar der Unterschied der beiden Längen der Sonne in **L** und **M''**, oder **M** und **m** ebenfalls 180° betragen; aber die Zeit durch den Bogen **LMM''** oder **mPM**, wird beträchtlich kürzer sein, als die durch den Bogen **M''mL** oder durch den Bogen **MAm**, weil jene ersteren Bogen in das Perihelium **P**, die letzteren in das Aphelium **A** fallen, jene also mit einer größeren Geschwindigkeit als diese von der Sonne beschrieben werden. — Auf diese Weise kann man auch die Lage der Apsiden des Mondes (§. 36., b.) und der Planeten, die, wie wir weiterhin sehen werden, ebenfalls in elliptischen Bahnen sich bewegen, kennen lernen.

Aus der Vergleichung solcher Beobachtungen der Apsiden, die durch mehrere Jahrhunderte von einander getrennt sind, hat man aber gefunden, daß die Länge der Apsiden der Sonne (oder der Erde; überhaupt aller Planeten) mit der Zeit zunimmt, oder daß die Apsiden, wiewohl überaus langsam, die der Sonne jährlich nur um etwa 12'', von Abend nach Morgen vorrücken.

ableitete *), auch zuerst die elliptische Gestalt der Bahn entdeckte, den Astronomen bekannt, und läßt sich in folgender Weise aussprechen. Man denke sich eine gerade Linie, welche fortwährend die Sonne, die wir uns in Bewegung denken, mit der Erde verbindet, oder einen Radius Vector (§. 27., e.). Wenn sich nun die Sonne in ihrer Ellipse bewegt, so muß diese Zuglinie denjenigen Theil des ganzen Flächenraums der Ellipse, welcher zwischen ihren aufeinander folgenden Lagen enthalten ist, beschreiben (gleichsam überstreichen). Die Sonne befolgt nun das Gesetz:

daß immer, in welchem Theile des Umfanges ihrer elliptischen Bahn sich auch die Sonne befinden möge, von dem Radius Vector in gleichen Zeiten (z. B. in einer Secunde, einer Minute rc.) nicht gleiche Winkel oder Bogenstücke, sondern gleiche Flächenräume beschrieben (überstrichen) werden;

oder daß die von dem Radius Vector in gleichen Zeiten beschriebenen Flächenräume den Zeiten proportional sind; so daß z. B. (Fig. 14.) die Flächen MbOM, TtOT, ingleichen goOg und bfOb, deren jede der Radius Vector in einer Minute beschreiben mag, alle von derselben Größe sind.

Dieses Gesetz nennt man das erste, so wie das für die Ellipticität der Bahn aufgefundene, das zweite Kepler'sche Gesetz. Beide Gesetze fand Kepler auch bei der mit unglaublicher Mühseligkeit berechneten Bahn des Planeten Mars bestätigt; ja er überzeugte sich von der allgemeinen Gültigkeit derselben bei allen um die Sonne laufenden Himmelskörpern, und es sind diese Gesetze (nebst einem dritten,

---

*) Nicht auf dem oben §. 27. unter c. bezeichneten Wege, der hier gewählt worden ist, um dem Leser auf die leichteste Weise die Möglichkeit der Auffindung der genannten beiden Gesetze begreiflich zu machen.

das weiter unten in §. 45. erwähnt werden wird) gegenwärtig als die **Grundgesetze aller** in unserem Sonnensysteme Statt findenden Bahnbewegungen anerkannt.

b) **Wahrer und mittlerer Ort der Sonne.** — Bewegte sich die Sonne in einer Kreisbahn um die in deren Centrum stehende Erde mit gleichförmiger Geschwindigkeit, so wäre es freilich leicht, für irgend einen Zeitpunkt den Ort der Sonne (ihre wahre Länge) zu berechnen und im voraus zu bestimmen; denn man hätte nur folgende Proportion zu machen: „wie sich ein Jahr zu der seit der Frühlingsnachtgleiche verflossenen Zeit verhält, so verhalten sich 360^{0} zu der gesuchten Länge." Die so berechnete Länge heißt die **mittlere Länge**. Allein, da die Sonnenbahn weder kreisrund ist, noch mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschrieben wird (§. 27., b.), so kann uns diese Regel nicht den **wahren** Ort der Sonne in irgend einem bestimmten Augenblicke geben. Dessen ungeachtet wird, weil die Excentricität und die Abweichung von einem Kreise gering sind, der **wahre** Ort der Sonne niemals von dem so bestimmten Orte, oder dem **mittleren**, beträchtlich abweichen, und jener kann aus diesem zu jeder Zeit durch Anbringung einer Berichtigung oder Gleichung (man nennt sie die **Mittelpunktsgleichung**, die nie sehr groß ist) auf Grund des ersten Kepler'schen Gesetzes berechnet werden. Da nämlich nach diesem Gesetze bei der elliptischen Berechnung in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschrieben werden, so muß folgende Proportion, statt der obigen, aufgestellt werden: „ein Jahr verhält sich zu der seit der Frühlingsnachtgleiche verflossenen Zeit, wie der ganze Flächenraum der Ellipse zu dem Flächenraume des in dieser Zeit von dem Radius Vector beschriebenen elliptischen Ausschnitts (Sectors)." Daraus ergiebt sich der Flächenraum dieses Ausschnitts, und es ist dann eine rein geometrische (nicht schwer zu lösende) Aufgabe, den Winkel an der Erde, wie AOB

Fig. 13. (oder das ihn messende Bogenstück AB) zu bestimmen, welcher irgend einem gegebenen, wie eben den Flächenraum des Sectors BAOB ausdrückenden, Bruchtheile der ganzen Ellipse entspricht. Geht man vom Perihelium M aus, so wird der Winkel MOA (weil in M die Bewegung der Sonne am schnellsten ist) zuerst schneller wachsen, als die mittlere Länge der Sonne, und daher diese während des ganzen halben Umlaufs von M bis N an Größe übertreffen, oder mit andern Worten: der wahre Ort wird dem mittlern voraus eilen. In N ist ein halbes Jahr verflossen und eine Hälfte der Bahn beschrieben (sie mag kreisrund oder elliptisch sein); hier fällt also der mittlere Ort mit dem wahren zusammen. In der ganzen andern Hälfte der Bahn, von N bis M, wird der wahre Ort hinter dem mittlern zurückbleiben, weil in N die Winkelbewegung der Sonne am langsamsten ist, bis jener diesen in M abermals erreicht und überholt.

Die Berechnung der Mittelpunktsgleichung, wie überhaupt alles dessen, was zur genauen Bestimmung aller bei der Bewegung der Sonne in Betracht kommenden Momente dient, geschieht mittelst der sogenannten, durch den Fleiß und Scharfsinn der Astronomen heutiges Tages zu großer Vollkommenheit gebrachten, Sonnentafeln, oder auch der Tafeln, welche man, für jedes Jahr berechnet, nebst andern Tafeln, z. B. Mond-, Planetentafeln u. s. w. (die jedoch auch einzeln bearbeitet worden, und in besondern Werken zu finden sind) in astronomischen Jahrbüchern (z. B. im Berliner astron. Jahrbuche, in dem Abschnitt „Sonnenephemeride"), in Schumacher's Jahrbüchern, unter der allgemeinem Rubrik „astronomische Ephemeride" findet.

c) Wenn der Mittelpunkt der Sonne in den Meridian kommt, so ist es, wie schon oben (§. 23. a.) erklärt worden ist, wahrer Mittag, und wenn ihre Bewegung fortwährend gleichförmig wäre und die Ekliptik mit dem Aequator zusam-

menfiele, so würde auch der wahre Mittag immer mit dem mittlern Mittage (ebendas.), oder mit dem Schlage der 12ten Stunde an einer gut regulirten Uhr zusammenfallen. Aber abgesehen von der mangelnden Gleichförmigkeit in ihrer Bewegung, verursacht die Schiefe der Ekliptik noch eine andere Ungleichheit in dieser Hinsicht, in deren Folge die Sonne abwechselnd früher oder später, als die Uhr mittleren Mittag zeigt, den Meridian erreichen würde. Dieß zusammen genommen bringt eine sehr bedeutende Schwankung in der Zeit hervor, welche die Uhr zeigt, wenn die Sonne wirklich den Meridian erreicht. Diese Schwankung steigt in der That bis zu einer halben Stunde, da der wahre Mittag zu Zeiten 16¼ Min. eher, zu anderer Zeit 14½ Min. später als der mittlere eintritt. Dieser Unterschied zwischen dem wahren und dem mittleren Mittage heißt die Zeitgleichung. Sie wird für jeden Tag des Jahres berechnet, und unter diesem Namen in den astronomischen Jahrbüchern angegeben; oder es wird statt ihrer (was auf dasselbe hinauskommt) der Augenblick der Culmination der Sonne für jeden Tag in mittlerer Zeit angegeben (wie solches in dem obengenannten Verbess. Leipz. Kalender bei jedem Monat unter der Rubrik „mittlere Zeit im wahren Mittage" geschieht). Nach diesen Angaben kann man prüfen, ob eine Pendeluhr richtig fortgehe, oder es läßt sich deren Gang darnach reguliren.

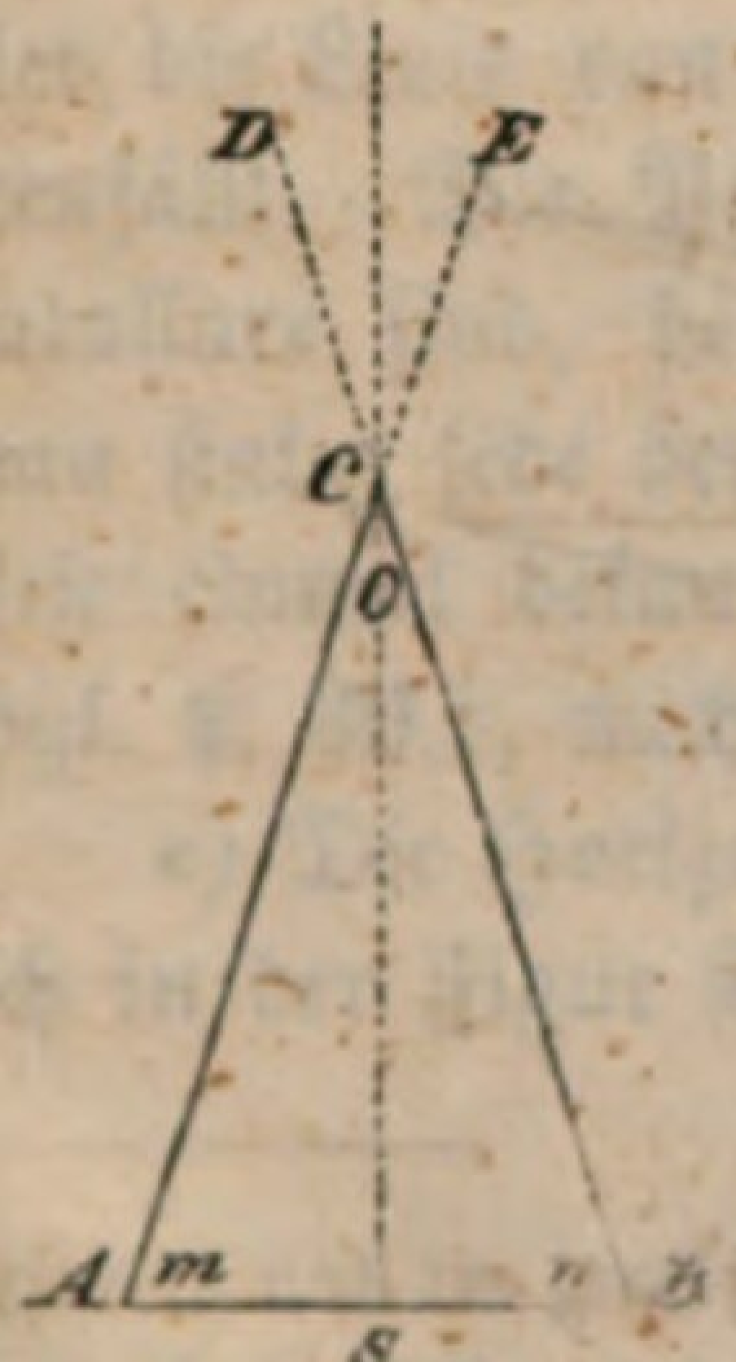
§. 29.

a) Wahre Entfernung der Sonne; wie zu finden. — Was wir bisher (§. 26—28.) in Betreff der scheinbaren Größe, Abstände u. s. w. der Sonne gefunden haben, setzt keine Kenntniß von der wahren Entfernung der Sonne von der Erde, von ihrer wirklichen Größe und dem Umfange ihrer Bahn voraus; und doch ist, wie von selbst einleuchtet, diese Kenntniß für den Astronomen ganz unentbehrlich. Wie

man zu derselben gelangt sei, welche Mittel man überhaupt ausfindig gemacht habe, und noch anwenden könne, um trotz der offenbaren Unmöglichkeit einer unmittelbaren Ausmessung der ungeheuren Strecken, welche zwischen unserm Auge und den Körpern des Himmels liegen, die wahren Entfernungen und Größen dieser letztern zu messen und zu berechnen, verdient eine genauere und den gebildeten Freund der Himmelskunde befriedigende Erklärung.

Da es jedem Leser bekannt ist, daß sich schon auf unserer Erde der Abstand sehr weit entfernter Gegenstände, zu denen man durch die Meßruthe ꝛc. nicht gelangen kann, mit Hülfe trigonometrischer Lehrsätze, auf Grund einer wirklich, nach einem bekannten Längenmaaße (z. B. nach Fußen), gemessenen Standlinie oder Basis*), berechnen läßt, so wird man von selbst vermuthen, daß man dieß auch am Himmel, sofern nur eine sichere Standlinie, deren Länge (in Meilen ꝛc.) man kennen muß, gegeben ist, werde bewerkstelligen können. Solche Standlinien lassen sich auf der Erde wirklich finden, und die an den beiden Endpunkten derselben angestellten Beobachtungen der Lage eines Himmelskörpers, dessen Entfernung mit der Standlinie vergleichbar ist, führen zur Kenntniß der sogenannten Parallaxe, als des im Allgemeinen sich darbietenden Mittels zur Bestimmung himmlischer Entfernungen.

Figur 15.

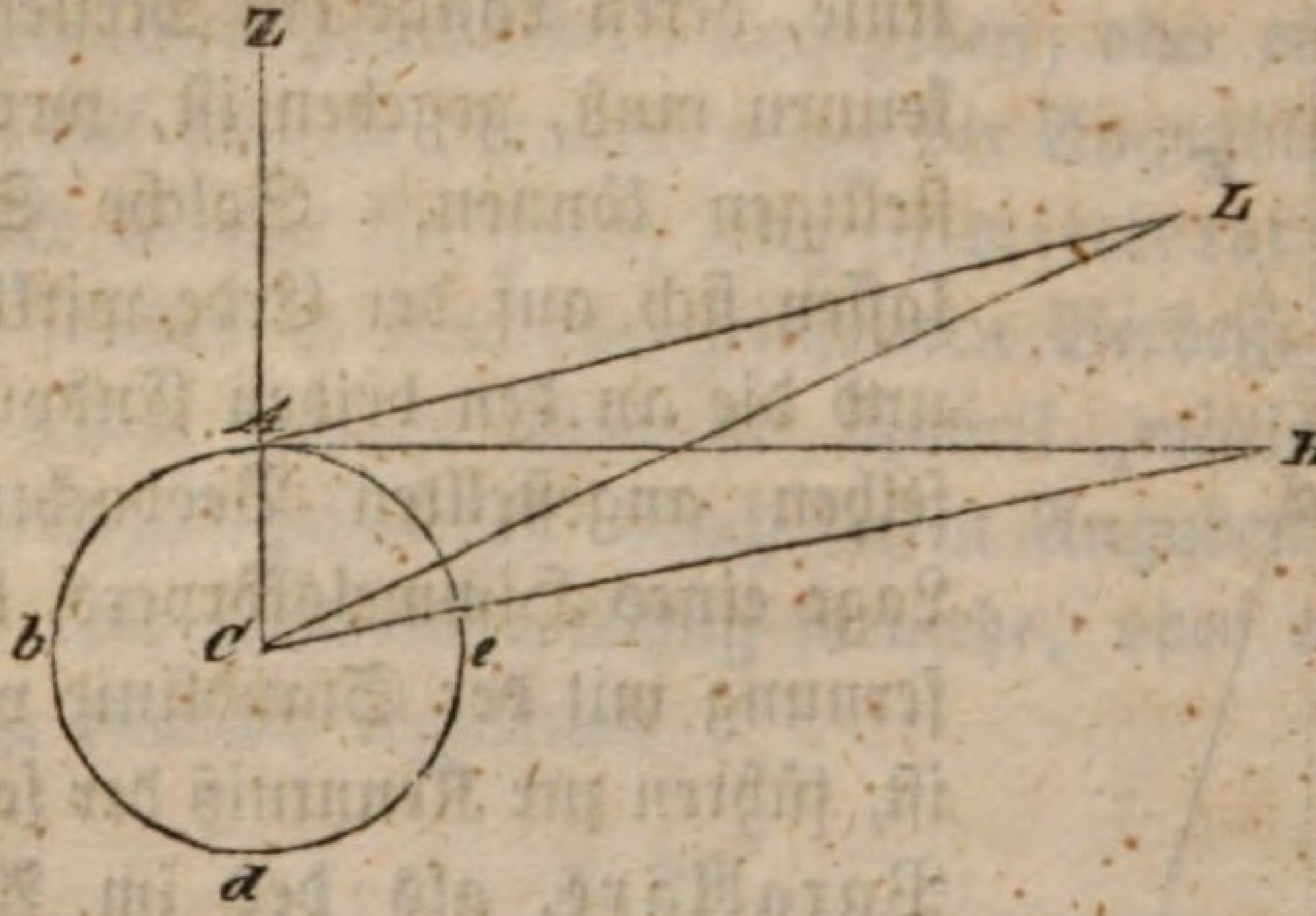


*) Eine solche Standlinie sei A B (Fig. 15.), und der von da aus beobachtete Gegenstand (z. B. eine Signalstange) in C. Man mißt nun mit der Meßkette die Winkel m und n, welche die von den Endpunkten A und B nach dem Gegenstande C gehenden Gesichtslinien mit der Basis machen. Sind

b) Die Parallaxe. — Die Parallaxe eines Himmelskörpers wird in dem Maaße kleiner (folglich auch deren Bestimmung in dem Maaße schwieriger), in welchem seine Entfernung von uns größer ist. Da nun der Mond der uns am nächsten (viel näher wie die Sonne) stehende Himmelskörper ist, so muß dessen Parallaxe die größte sein, welche sich in der Astronomie berechnen läßt, diese Berechnung darum aber auch die am wenigsten schwierige sein. Wir wollen daher diesen Himmelskörper wählen, um uns einen allgemeinen Begriff von der Möglichkeit der Bestimmung der Parallaxe und der daraus abzuleitenden Entfernung eines himmlischen Körpers, insbesondere der der Sonne, als um welche es uns hier zunächst zu thun ist, zu machen.

Es sei C (Fig. 16.) der Mittelpunkt der Erde A b d e A,

Figur 16.



dieselben gemessen, so zieht man ihre Summe von 180° ab, und alsdann ist der Rest (nach dem geometrischen Elementarsatz: daß die Summe der Winkel in jedem Dreieck 180° beträgt; Kl. math. Handb. §.77.) der gesuchte parallaktische Winkel O oder ACB = DCE, welcher Winkel dem gleich ist, unter welchem von C aus die Linie AB gesehen wird). Aus den gefundenen

A der Ort eines Beobachters auf derselben, Z dessen Zenith, L der Ort des Mondes an der Himmelssphäre. Nun ist es in der Astronomie nothwendig, alle astronomischen Beobachtungen auf den Mittelpunkt der Erde zu reduciren (was zu bewirken dem Astronomen sichere Mittel zu Gebote stehen). Wenn daher ein Beobachter in A den Mond um den Winkel LAZ von seinem Zenith Z entfernt sieht, so ist der Zenithabstand für den Beobachter im Mittelpunkte C der Winkel LCZ (offenbar ein kleinerer Winkel). Der Unterschied beider Winkel, oder der Winkel ALC, ist die Parallaxe; um so viel scheint L für den Standpunkt in A niedriger zu stehen, als für C, woraus sich überhaupt ergiebt, daß die Parallaxe einem Beobachter auf der Erdoberfläche einen Himmelskörper in seinem Verticalkreise tiefer rückt. — Am Horizont ist die Parallaxe, AHC in der Figur, am größten, und heißt daher die Horizontalparallaxe; weiter herauf nach dem Zenith wird sie kleiner, und im Zenith selbst verschwindet sie ganz, weil hier die Linie von C nach Z mit der Linie A nach Z zusammenfällt. Die Parallaxen, die kleiner als die Horizontalparallaxe sind, heißen überhaupt Höhenparallaxen, und man findet jede derselben aus der Horizontalparallaxe, wenn diese einmal bekannt geworden ist, so wie diese aus jenen (vgl. §. 30.), nach einfachen trigonometrischen Regeln.

c) Die Horizontalparallaxe (die übrigens, wie man deutlich in der Figur sieht, zugleich der Winkel ist, unter welchem

---

Winkeln und der gemessenen Basis AB ist es nun leicht, die Entfernung des Gegenstandes C von A oder B in Fußen ꝛc. zu berechnen (Kl. math. Handb. §. 132. II.). — Der Winkel O, welcher auch schlechtweg die Parallaxe des Gegenstandes C heißt, ändert sich in umgekehrtem Verhältnisse der Entfernung dieses Gegenstandes von den Standpunkten A und B, d. h. er wird kleiner, wenn die Entfernung von A und B größer wird, und umgekehrt; und dieß gilt auch bei himmlischen Entfernungen, wie wir schon oben bei der Sonne (§. 27., a.) gesehen haben.

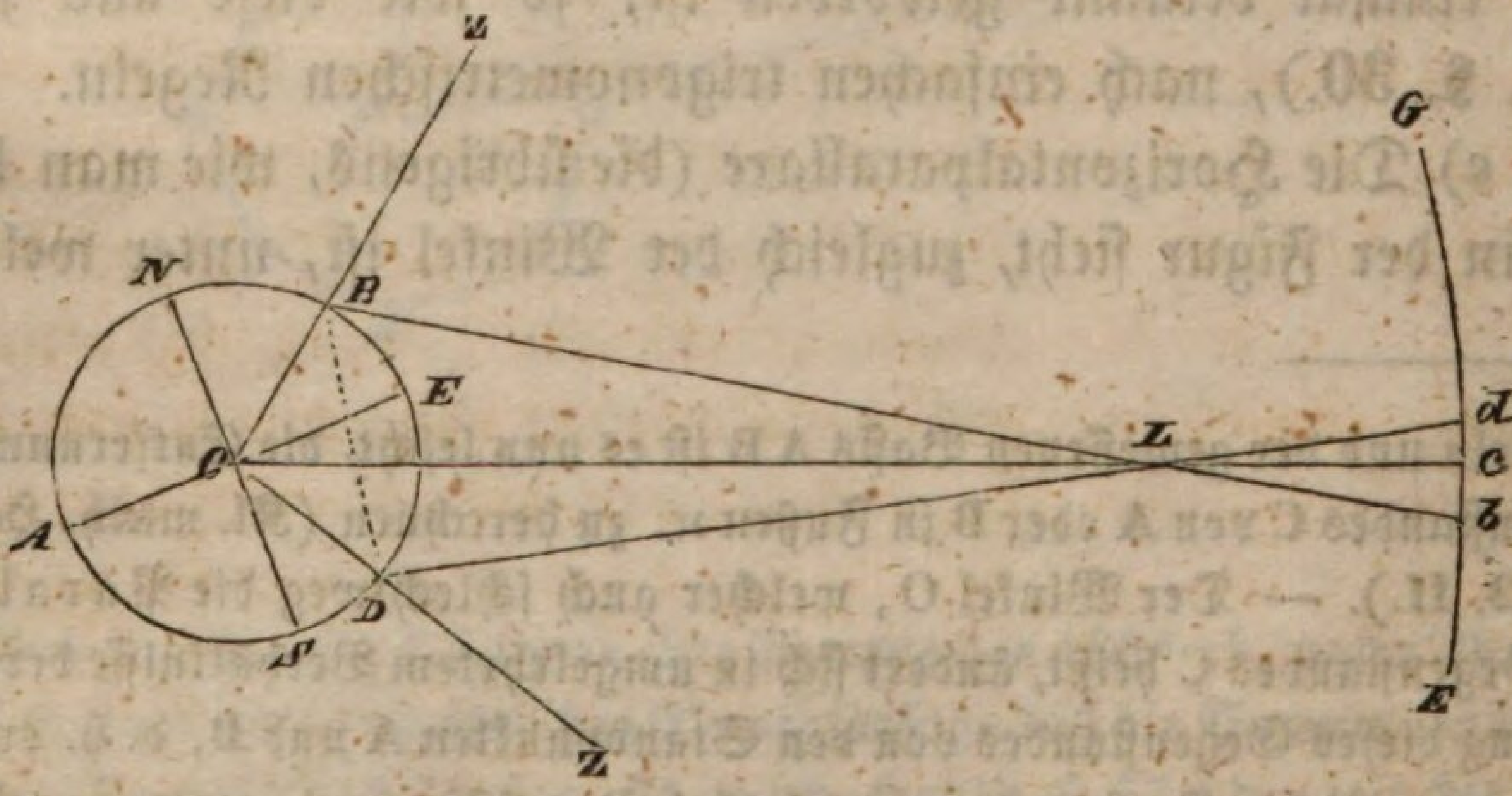
man von dem Himmelskörper H aus den Halbmesser der Erde AC sieht) ist es, welche der Berechnung der Entfernung eines Himmelskörpers H von dem Mittelpunkte der Erde C, vermittelst des Halbmessers AC, zum Grunde gelegt werden, und daher zu diesem Behuf nothwendig, entweder unmittelbar oder durch Reduction, gefunden werden muß.

Wenn man nun (Fig. 16.) in dem bei A rechtwinkligen Dreieck ACH den Winkel AHC, oder die Horizontalparallaxe des Mondes, und die Seite AC, oder den Halbmesser der Erde, kennt; so hat man nur das Dreieck ACH nach trigonometrischen Vorschriften *) aufzulösen, um daraus die Seite CH, oder die Entfernung des Mondes von der Erde, herzuleiten.

§. 30. Die Mondparallaxe zu finden.

Da es manchem Leser doch wohl unmöglich fallen muß, einzusehen, wie man die Horizontalparallaxe nach den vorhin (§. 29.) gegebenen Andeutungen finden könne, so soll nun ein Begriff von einer der Methoden gegeben werden, nach welcher überhaupt die Parallaxe des Mondes gefunden werden kann und wirklich gefunden worden ist.

Figur 17.



---

*) Vergl. Anhang zu §. 41., unter III. d.

In Fig. 17. bedeutet NASBN die Erde (mit der Axe NS und dem Aequator AE), C ihren Mittelpunkt, L den Mond, B und D die Standpunkte zweier Beobachter auf der Oberfläche der Erde. Der Beobachter in B sieht den Mond in der Richtung BLb, und bezieht den Ort desselben auf einen Punkt b der unendlich weit entfernten Fixsternsphäre EG, während der Beobachter in D den Mond in der Richtung DLd erblickt und auf d bezieht. Der von diesen Richtungen gebildete Winkel, oder dessen Maaß bd am Himmel, der den Abstand der beiden scheinbaren Oerter des Mondes angiebt, ist dem Winkel BLD gleich, der, wenn außer ihm die geographischen Lagen der Oerter A und B, d. h. deren respective Breiten (oder deren Polhöhen; §. 11., f.), nebst dem zwischen B und D liegenden Theile BD der Erdoberfläche bekannt sind, zur Berechnung der Entfernung der Linie LC, d. h. des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde führt. Wir denken uns nämlich, daß die beiden Beobachtungsorte B und D unter einem und demselben Meridian, der eine B in der nördlichen, der andere D in der südlichen Halbkugel der, Erde liegen, und daß die beiden Beobachter an demselben Tage die Meridianhöhen des Mittelpunkts des Mondes beobachten. Haben sie hieraus die scheinbaren Zenithabstände LBz und LDZ abgeleitet (auch diese Abstände wegen der Wirkung der Refraction berichtigt; §. 5., 4.), so würde, wenn die Entfernung des Mondes dem Abstande der Fixsterne gleich wäre, die so gefundene Summe der Zenithabstände der Summe der nördlichen und südlichen Breite der Beobachtungsorte ganz gleich oder dem Winkel ZCz gleich sein, welcher den Meridianabstand beider Orte mißt. Da aber die Wirkung der Parallaxe die ist, daß sie die scheinbaren Zenithabstände vergrößert, so wird deren beobachtete Summe um den ganzen Betrag beider Parallaxen, oder um den Winkel BLD größer sein, als die Summe der Breiten. Dieser parallaktische Winkel wird also erhalten,

wenn man die Summe der Breiten von der Summe der Zenithabstände abzieht; ist er aber einmal bestimmt, so wird die Horizontalparallaxe leicht daraus berechnet*), und hiermit die Entfernung LC des Mondes vom Erdmittelpunkte in Erdhalbmessern BC, DC, oder (diesen Halbmesser zu 859½ Meilen angenommen; vgl. unten §. 57.) in geographischen Meilen gefunden. — Solche Beobachtungen, zum Behuf der Ausmittelung der Horizontalparallaxe des Mondes (auch anderer Himmelskörper, z. B. des Planeten Mars) sind wirklich, z. B. im Jahre 1751 von La Caille am Vorgebirge der guten Hoffnung, und von La Lande in Berlin angestellt, und es ist daraus die Horizontalparallaxe des Mondes im Mittel**) = 57½′ gefunden worden, woraus sich ergiebt, daß der Mond im Mittel um 60½ Erdhalbmesser, oder etwa 51800 Meilen vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist. Der scheinbare Durchmesser des Mondes ist im Mittel 31′ 7″, und damit der 110te Theil seiner Entfernung vom Mittelpunkte der Erde, woraus (nach geometrischen Lehrsätzen, die aus der Entfernung und dem scheinbaren Durchmesser eines Gegenstandes dessen wirkliche Größe herleitet) weiter folgt, daß der wahre Durchmesser des Mondes 3/11 des Durchmessers der Erde = 470 Meilen, und (nach weiteren Gründen der Geometrie; vergl. S. 83. Anm.), dessen Oberfläche 1/13, und

*) Dadurch nämlich, daß man den gefundenen Winkel durch die Summe der Sinus beider Zenithabstände dividirt.

**) Denn es kommt nicht nur auf die verschiedene Entfernung des Mondes von der Erde, sondern auch darauf an, ob die Parallaxe unter dem Aequator, wo der Erdhalbmesser, wegen der nicht ganz kugelförmigen Gestalt der Erde (§. 57.), größer als unter allen andern geograph. Breiten ist, also auch die Parallaxe die größte sein muß, oder an irgend einem andern, nördlich oder südlich vom Aequator entfernten Orte beobachtet wird. Es ist wohl klar, daß, wenn die Erde überhaupt größer wäre als sie wirklich ist, auch die Horizontalparallaxe des Mondes u. s. w. größer sein würde.

sein körperlicher Inhalt 1/49 (oder fast 1/50) der Oberfläche und des Körperinhalts der Erde beträgt.

§. 31. Die Sonnenparallaxe zu finden. Rotation der Sonne.

a) Das soeben (§. 30.) beschriebene Verfahren, die Parallaxe des Mondes zu bestimmen, ist nun auch auf die, viel weiter als der Mond entfernte, Sonne angewendet worden, und man hat aus solchen, vielfältig wiederholten Beobachtungen, aber auch nach andern Methoden, die einer weit größern Genauigkeit und Sicherheit fähig sind (s. Anh. zu §. 41, d. III.), gefunden, daß die Horizontalparallaxe der Sonne (also der Winkel, unter welchem der Halbmesser der Erde auf der Sonne erscheint; §. 29., c.) ungefähr 8″, 66 (folglich 400mal weniger als die Parallaxe des Mondes) beträgt. Durch dieses Ergebniß nun hat man das Mittel gewonnen, zur Kenntniß der Entfernung und Größe der Sonne, nach welcher wir oben (§. 29., a.) fragten, zu gelangen. Es ergiebt sich nämlich, den mittlern scheinbaren Durchmesser der Sonne = 32′ 2″ (§. 27., a.) vorausgesetzt, daß der wahre Durchmesser der Sonne um 112mal größer als der Durchmesser der Erde ist (oder 192492 Meilen beträgt), — daß ferner ihre Oberfläche 12577mal und ihr körperlicher Inhalt 1410000mal (fast 1½ Millionen) größer als der Durchmesser, die Oberfläche und der Cubikinhalt der Erde ist*), daß endlich die Sonne um 24000 Erdhalbmesser oder um 20'700000 Meilen im Mittel

---

*) Die Geometrie zeigt nämlich, daß sich 1) der Flächeninhalt einer Kugeloberfläche aus dem Producte des Durchmessers in den Umkreis findet; daß 2) der körperliche Inhalt (Cubikinhalt) der Kugel gefunden wird, wenn man den Flächeninhalt mit dem 6ten Theil des Durchmessers multiplicirt. Kl. math. Handb. §. 119.

von der Erde entfernt ist,*) überhaupt also den Abstand des Mondes von der Erde um 400mal übertrifft.

b) Wir haben bei vorstehender Berechnung die Sonne als einen kugelförmigen Körper (was wir auch bei dem Monde gethan) angenommen, und wir können die Richtigkeit dieser Annahme auf teleskopische Betrachtungen gründen. Diese zeigen uns nämlich sehr häufig dunkle Flecken auf der Oberfläche der Sonne, welche langsam ihre Stellen, immer nach einer und derselben Richtung hin, verändern, und (wenigstens großen Theils, indem öfters solche Flecken bald wieder verschwinden) periodisch wieder zu derselben Lage gegen unser Auge zurückkehren (vgl. §. 50., b.), was sich nur daraus erklären läßt, daß die Sonne eine große Kugel ist, die sich, in der Periode von etwa 25½ Tagen, um eine gegen die Ebene der Ekliptik unter einem Winkel von ungefähr 82½° geneigte Axe dreht. Findet nun bei einer so ungeheuren Kugel, als die Sonne ist, eine Axendrehung Statt, sollte nicht eine solche (nach unsern Gedanken viel leichter) bei der gegen die Sonne fast verschwindend-kleinen Erdkugel Statt finden können, und sollte aus einer Axendrehung der Erde sich nicht sehr natürlich der tägliche Umschwung der Himmelssphäre mit ihren unzähligen und unermeßlich weit entfernten Sternen erklären lassen? Ferner müssen wir fragen: ist es, nach bekannten physischen Gesetzen, gedenkbar, daß ein Körper von so ungeheurer Masse, wie die der Sonne gegen die des kleinen Erdkügelchens ist, sich um letzteres bewegen könne? Verbinden wir zwei Kugeln, eine sehr große und eine sehr kleine, mit einander durch eine Schnur, und versuchen wir, der großen Kugel durch einen (auf einer ebenen, glatten Fläche) ihr gegebenen starken, seitwärts gerichteten, Anstoß eine Bewegung um die kleine Kugel zu geben, so wird sich jene (in gerader Richtung)

---

*) Vergl. Anhang zu §. 41. d., III. d.

fortbewegen und letztere mit sich fortreißen; machen wir aber den entgegengesetzten Versuch, so wird die große Kugel ruhig liegen bleiben und die kleine in einem Kreise sich um sie herum zu schwingen nöthigen. Auch zwischen Sonne und Erde müssen wir uns irgend ein, wenn auch unsichtbares, Band denken, welches beide Körper zusammenhält. Ist es nun nicht natürlich zu denken, daß an diesem Bande nicht die ungeheure Sonnenkugel um die fast nur als ein materielles Pünktchen dagegen zu betrachtende Erde, sondern das kleine Erdkügelchen sich um die gewaltige Sonnenkugel herumschwingen werde?

Bewegt sich nun die Erde in 365 Tagen, in einer immer wieder in sich zurückkehrenden Bahn, um die Sonne, so wird sich sehr leicht und natürlich Alles das, was bisher von der Bahn, der Bewegung, den Abständen rc. der Sonne gesagt worden ist, erklären lassen. Für jetzt sei es genug, die hierauf sich beziehenden Fragen, aus dem allgemeinen Gesichtspunkte der Natürlichkeit, angeregt zu haben.

Dritter Abschnitt.

Eigene Bewegung des Mondes.

§. 32.

a) Allgemeines von dieser Bewegung. — Die eigene Bewegung, vermittelst deren einige Himmelskörper, wie nach §. 16. ff. die Sonne, ihren Ort unter den Fixsternen fortwährend verändern, ist am auffälligsten und bemerkbarsten beim Monde, diesem, wie wir bereits gesehen haben (§. 30.), uns am nächsten stehenden, und mit unserm irdischen Wohnplatz am engsten verbundenen Weltkörper, dessen Bewegung

aber, da diese ohne Beziehung auf den Sonnenlauf nicht genau erklärt werden kann, erst jetzt sich in nähere Betrachtung ziehen läßt.

Wenn man nun die Bewegung des Mondes (nach Rectascension, Declination u. s. w.) vermittelst der bisher, namentlich in Betreff der Sonne, erklärten Beobachtungsmethoden genau verfolgt, so ergiebt sich, daß der Mond in ungefähr 4 Wochen einen ganzen Umlauf durch alle Sternbilder des Thierkreises macht (was auch schon bei blos oberflächlicher Betrachtung wahrgenommen wird), daß er jedoch hierbei sich nicht genau an die scheinbare Sonnenbahn hält, indem er bald nördlich, bald südlich von derselben bis auf etwa 5° abweicht, in diese aber in zwei einander diametraliter gegenüber liegenden Punkten, immer wieder, obschon nur durchgehend, zurückkehrt, daß also seine Bahn ein größter Kreis an der Himmelssphäre ist, der nicht nur von der Ekliptik, sondern auch vom Aequator in zwei Hälften, eine nördliche und eine südliche, getheilt wird, — daß endlich diese Kreisbahn ganz offenbar um die Erde beschrieben wird (was auch schon daraus erhellt, daß der Mond während jedes Umlaufs seine scheinbare Größe, welche ungefähr die der Sonne ist, auf eine dem bloßen Auge bemerkliche Weise nicht ändert).

b) Periodischer Umlauf. Neigung der Bahn. Knoten. — Nach gedachten Beobachtungen rückt der Mond, wenn man von einem gewissen Fixsterne ausgeht, mit welchem er zu gleicher Zeit im Meridian steht, täglich etwas über 13° von Abend nach Morgen im Thierkreise fort, und kehrt nach 27 Tagen 7 St. 43′ 12″ zu demselben Sterne zurück. Diese Zeit nennt man den siderischen oder periodischen Monat, und den Umlauf während derselben den periodischen Umlauf.*) Während dieser Zeit nun geht der Mond zweimal

*) Den kleinen, nur etwa 7″ betragenden Unterschied zwischen dem

durch die Ekliptik, in den schon angedeuteten zwei Punkten, welche man die Knoten der Mondbahn nennt. In dem einen Knoten, dem aufsteigenden (☊), rückt der Mond über die Ekliptik herauf nach Norden, in dem andern, dem niedersteigenden (☋), geht er herab nach Süden. — Man erfährt die Lage dieser Punkte, wenn man zu der Zeit, da der Mond ganz nahe bei der Ekliptik ist, seinen Stand bei nahe stehenden, ihrer Lage nach genau bekannten, Fixsternen beobachtet. Wenn man nun ferner im Meridian die Rectascension und Declination des Mondes beobachtet, so läßt sich daraus (nach §. 24.) seine Breite, wie seine Länge, berechnen. Die größte Breite nun bestimmt die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik (oder den Winkel, unter dem beide Kreise in den Knoten, oder in der Knotenlinie der Mondbahn, sich schneiden), und jene Breite (oder dieser Winkel) beträgt im Mittel 5° 8′ 48″ (ungefähr $5^1/_7$°).

c) Bewegung und Umlauf der Knoten. — Es sind aber die Knoten der Mondbahn keine festen Punkte, sondern sie rücken (wie die, freilich viel langsamer ihren Ort verändernden, Aequinoctialpunkte, §. 23., b.) gegen die Ordnung der Zeichen, in Beziehung auf die Fixsterne in einem Jahre etwas über $19^1/_3$ Grad fort; welche Veränderung man im Allgemeinen leicht wahrnehmen kann. Giebt man nämlich Acht, wenn der Mond auf seinem Laufe einen der Ekliptik sehr nahen Stern, wie den Regulus im Löwen, bedeckt, oder sehr nahe berührt, so wird man nach dem darauf folgenden Umlaufe bemerken, daß der Mond beträchtlich weit nord- oder südwärts bei demselben Sterne vorbeigeht, nach jedem Jahre sich immer weiter von ihm entfernt hat, und nach fast 19

---

siderischen und dem periodischen Umlauf, welcher von dem Vorrücken der Aequinoctialpunkte (§. 23., b.) herrührt, können wir hier außer Acht lassen.

Jahren den Stern wieder trifft. Die genauern Beobachtungen haben ergeben, daß die Knoten in 18 Jahren und 219 Tagen einen ganzen siderischen Umlauf am Himmel vollenden.

§. 33. Synodischer Umlauf. Mondjahr.

Wenn wir annehmen, daß der Mond seinen Umlauf mit der Sonne und einem Fixsterne zugleich beginnt, so also, daß beide letztere zugleich mit dem Monde durch den Meridian gehen, so ist bei Vollendung des Umlaufs (§. 32., b.) die Sonne unterdeß um 27° am Himmel weiter nach Osten vorgerückt, und es verfließt noch einige Zeit, ehe der Mond die Sonne wieder einholt, oder wieder am Himmel mit ihr zusammenkommt, was man die Conjunction (☌) nennt. Die von einer Conjunction bis zur andern verfließende Zeit nennt man die synodische Umlaufszeit des Mondes (den synodischen Monat), und diese beträgt 29 Tage 12 St. 44′ 3″, ist also 2 Tage 5 St. 51 Sec. länger als der periodische Umlauf. Hierbei wollen wir noch bemerken:

1.) Ein sogenanntes Mondenjahr besteht aus 12 synodischen Monaten, die zusammen über 354 Tage ausmachen, also um wenigstens 11 Tage kürzer sind, als unser Sonnenjahr.

2.) 235 synodische Monate sind nur um $1^1/_2$ Stunden kleiner als 19 unserer Sonnenjahre, — was in der Chronologie bei dem sogenannten Meton'schen Mondcykel (von 19 Jahren) und der güldenen Zahl in Betracht kommt.*)

3.) Ein Knotenjahr, d. h. die Umlaufszeit der Sonne in Beziehung auf die Mondknoten beträgt 346 Tage 14 St. 52′ 35″. Der Zeitraum von 223 synodischen Monaten, oder

---

*) Man sehe hierüber z. B. Klügel's Encyklopädie (3. Ausg. von 1807), III. Th. §. 244., u. Brandes Vorlesungen rc. I. Th. S. 107.

von 18 Sonnenjahren 11 Tag. 7 St. 42′ 29″, macht ziemlich genau 19 Knotenjahre aus, nach deren Verlauf also die Sonne und der Mond wieder in dieselbe Lage gegen den Mondknoten kommen. Dieß ist bei Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternissen (§. 37. 38.) von Wichtigkeit.

§. 34. Mondphasen.

Vom synodischen Umlaufe hängt die regelmäßige Wiederkehr der verschiedenen Lichtgestalten (Phasen) ab, unter welchen der Mond sich den Erdbewohnern zeigt.

a) Daß der vollständige Kreis der Mondscheibe auch dann vorhanden ist, wenn der Mond nicht voll ist, ergiebt sich schon daraus, daß derselbe wenige Tage vor und nach dem Neumonde mit bloßen Augen als ein blasser, aschgraufarbiger Körper gesehen wird, mit welchem die erleuchtete Sichel verbunden zu sein scheint (vergl. unten, c.). *) Das Folgende wird dieß noch weiter außer Zweifel setzen. Da nämlich die zunehmende Mondsichel ganz allmälig von einem schmalen halbkreisförmigen Streifen zu einer vollständigen kreisrunden Scheibe anwächst, so stimmt sie mit der Ansicht überein, die eine zur Hälfte weiße, zur Hälfte schwarze Kugel geben würde, wenn sie in verschiedener Richtung gegen das

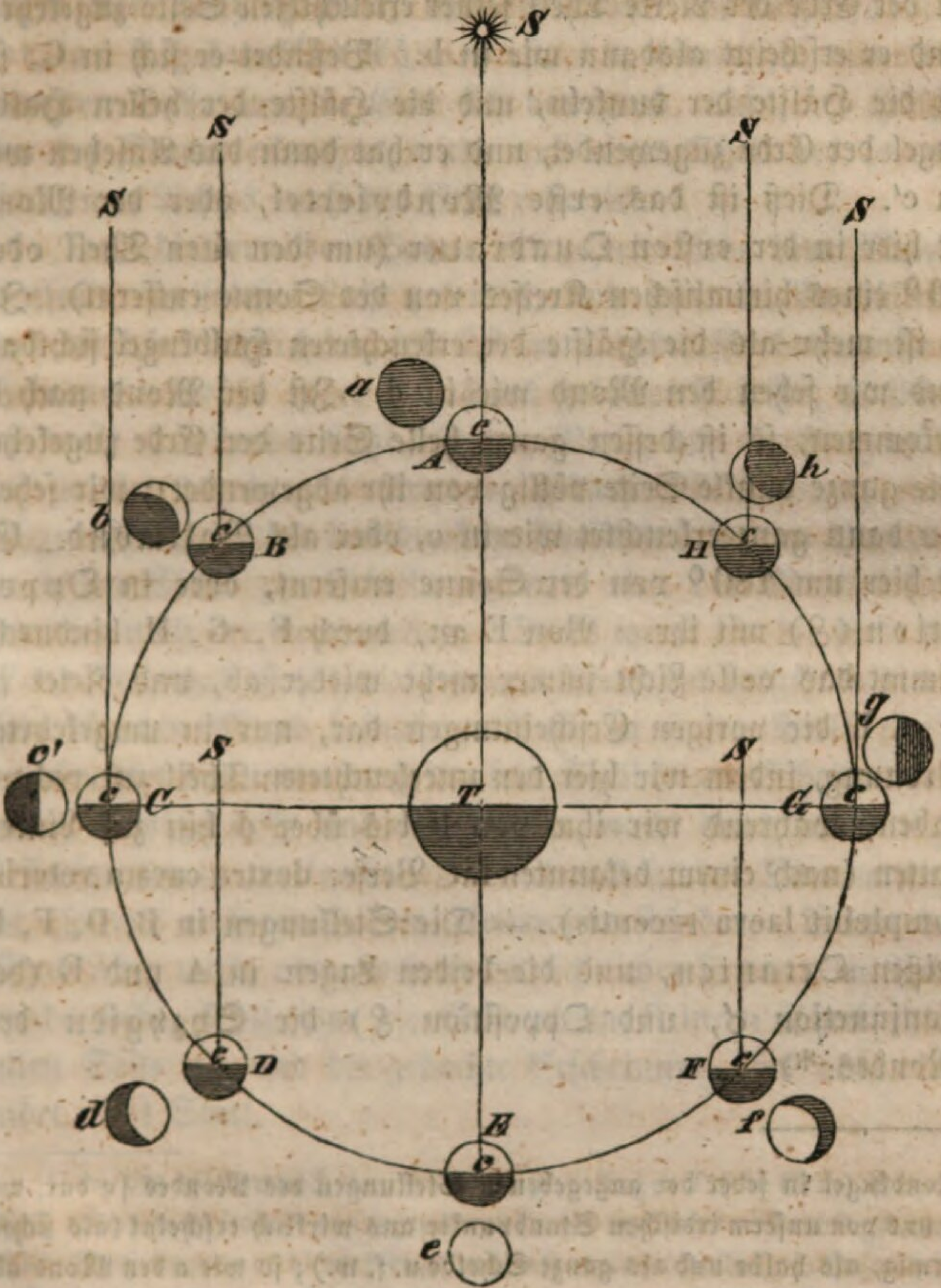
*) Bei Sternbedeckungen durch den Mond ist Obiges ganz deutlich daraus zu ersehen, daß dieselben ohne Unterschied am hellen und dunkeln Theile der Mondscheibe Statt finden, je nachdem sich der eine oder der andere Theil auf der Seite befindet, nach welcher die Bewegung des Mondes gerichtet ist. Nur dadurch unterscheiden sich die Bedeckungen in beiden Fällen, daß ein vom hellen Rande bedeckter Stern, durch seine allmälige Annäherung an den sichtbaren Mondrand, sein Verschwinden erwarten läßt, während ein vom finstern Rande bedeckter Stern (wenn der Mond nur einige Tage alt ist) plötzlich am Himmel verlischt, was für einen unvorbereiteten oder unkundigen Beschauer, zumal wenn das Verschwinden einen sehr hellen und kenntlichen Stern trifft, sehr überraschend ist, ja wohl gar erschreckend sein kann.

Auge gehalten wird, so daß sie diesem von jeder Halbkugel einen größern oder kleinern Theil, oder auch die eine oder die andere Halbkugel ganz, zukehrt. Daran knüpft sich der naheliegende Schluß, daß der Mond eine solche Kugel ist, deren eine Hälfte durch die Strahlen eines lichtausströmenden Körpers erleuchtet wird, der entfernt und dabei groß genug ist, um die ganze Halbkugel zu erleuchten, und dessen Licht Intensität genug besitzt, um den Grad von Glanz, den wir wahrnehmen, hervorzubringen. Nun ist aber die Sonne allein einer solchen Wirkung fähig. Ihre Entfernung, ihre Größe und ihr Licht sind dazu hinreichend. Außerdem bemerkt man regelmäßig, daß bei zunehmendem Monde der helle Rand desselben der Sonne zugekehrt ist, und daß die Breite der Mondsichel immer mehr zunimmt, jemehr sich der Mond in seinem monatlichen Laufe von der Sonne entfernt, und umgekehrt beim abnehmenden Monde.

b) Da die Entfernung der Sonne vom Mittelpunkte der Erde beinahe 24000, und die des Mondes nur 60 Erdhalbmesser beträgt (§. 30. und 31.), so ist die erstere, wie schon bemerkt, um 400mal größer als die letztere. Man denke sich nun (Fig. 18.) unter S (oder nach S hin in gehöriger Entfernung) die Sonne, unter T die Erde in der Mitte der Mondbahn, unter A, B, C u. s. w. verschiedene Stellungen des Mondes in seiner Bahn; so sind alle Linien Sc, von der Sonne zum Mittelpunkte des Mondes in allen Stellungen des letztern gezogen, wegen obgedachter großer Entfernung der Sonne, als unter sich fast parallel anzusehen (oder es führen alle diese Linien, gehörig verlängert, parallel unter einander nach der Sonne), und in allen Punkten A, B u. s. w. ist die erleuchtete Halbkugel so nach der Sonne gekehrt, wie die Figur angiebt.

Ist nun der Mond in A, oder in Conjunction mit der Sonne (§. 33.), so ist dessen ganze von der Sonne ab-,

Figur 18.



und der Erde zugewendete Hälfte der Erde zugekehrt, und erscheint dunkel, wie in a.*) Dieß ist der Neumond. Hat

*) Die in der Figur außerhalb der Mondbahn dem Monde ferner beigefügte Mondkreise b, c', d u. s. w. bis h stellen den erleuchteten Theil der

der Mond in B den achten Theil seiner Bahn durchlaufen, so ist der Erde der vierte Theil seiner erleuchteten Seite zugekehrt, und er erscheint alsdann wie in b. Befindet er sich in C, so ist die Hälfte der dunkeln, und die Hälfte der hellen Halbkugel der Erde zugewendet, und er hat dann das Ansehen wie in c'. Dieß ist das erste Mondviertel, oder der Mond ist hier in der ersten Quadratur (um den 4ten Theil oder 90° eines himmlischen Kreises von der Sonne entfernt). In D ist mehr als die Hälfte der erleuchteten Halbkugel sichtbar, und wir sehen den Mond wie in d. Ist der Mond nach E gekommen, so ist dessen ganze helle Seite der Erde zugekehrt (die ganze dunkle Seite völlig von ihr abgewendet); wir sehen ihn dann ganz erleuchtet wie in e, oder als Vollmond. Er ist hier um 180° von der Sonne entfernt, oder in Opposition (☍) mit ihr. Von E an, durch F, G, H hindurch, nimmt das volle Licht immer mehr wieder ab, und bietet in f, g, h die vorigen Erscheinungen dar, nur in umgekehrter Ordnung, indem wir hier den unerleuchteten Theil zur rechten haben, während wir ihn von b bis über d hin zur Linken hatten (nach einem bekannten lat. Verse: dextra cavam veteris, complebit laeva recentis). — Die Stellungen in B, D, F, H heißen Octanten, und die beiden Lagen in A und E (der Conjunction ☌, und Opposition ☍) die Syzygien des Mondes.*).

Mondkugel in jeder der angegebenen Stellungen des Mondes so dar, wie er uns von unserm irdischen Standpunkte aus wirklich erscheint (als sichelförmig, als halbe und als ganze Scheibe u. s. w.); so wie a den Mond als für uns ganz unsichtbar und unerkennbar (als dunkel) darstellt.

*) Alle die beschriebenen Erscheinungen kann man sich leicht darstellen, wenn man auf einem Tische eine größere Kugel T (Fig. 18.), und eine kleinere A in einiger Entfernung von einer die Sonne vorstellenden Lichtflamme S (welche mit beiden Kugeln eine gleiche Höhe haben muß) aufstellt, und die kleinere Kugel A (den Mond) von A aus über B, C,

c) Die unter b. beschriebenen Lichtgestalten des Mondes zeigen nun ganz offenbar, daß der Mond ein kugelförmiger, an sich dunkler Körper ist, der immer, in einer bestimmten Bahn um die Erde sich bewegend, auf einer Hälfte von der Sonne erleuchtet wird, und einen Theil des so empfangenen Lichtes nach der Erde reflectirt.

Daß die von der Sonne erleuchtete Erde dem Monde ebenfalls ein solches Licht zusendet, und zwar im Verhältniß ihrer weit beträchtlichern, fast 2° im Durchmesser betragenden, scheinbaren Größe (oder fast 4mal größern Scheibe, §. 30.), ein weit stärkeres Licht, ist der Natur der Sache gemäß, und erklärt die bereits unter a. gedachte Erscheinung (das aschgraufarbige Licht) des dunkeln Theils des jungen Mondes, der dessen Sichel zur Scheibe ergänzt, oder des Mondes kurz vor oder nach der Conjunction. Denn wenn für die Erde der Mond Neumond ist (oder als junger Mond sich zeigt), so ist die Erde für den Mond beinahe voll (so zu sagen Vollerde); sie erleuchtet dann den noch dunkeln Theil seiner Scheibe durch starkes Erdlicht,*) und das letztere macht durch abermalige Reflexion jenen unerleuchteten Theil uns in der Dämmerung, vor (so wie auch nach) dem Neumonde sichtbar. Wenn der Mond älter wird, oder noch in beträchtlicher Ferne vom Neumonde steht, kehrt ihm die Erde einen kleinern Theil ihrer hellen Seite zu, und die gedachte Erscheinung hört auf, oder findet nicht Statt.

D u. s. w. bis wieder nach A um die größere Kugel T (die Erde) herumführt, indem man immer von letzterer aus nach der kleinen Mondkugel hinsieht. Noch bequemer dient hierzu das mit meinem Tellurium (man sehe die Vorrede) verbundene Lunarium, sei es auch nur das im Burger'schen Schriftchen abgebildete und beschriebene.

*) Ueberhaupt zeigt sich die Erde dem Monde in denselben Lichtgestalten, die wir an dem Monde wahrnehmen, nur in umgekehrter Ordnung, wie sich bei der in der vorigen Anmerk. vorgeschlagenen Vorrichtung sehr deutlich wahrnehmen läßt.

§. 35. Axendrehung des Mondes.

a) Die teleskopische Betrachtung der Mondoberfläche (der auf derselben sich kenntlich machenden hellern und dunklern Stellen u. s. w.; §. 51.) bestätigt eine Wahrnehmung, die in ihrer Allgemeinheit schon dem unbewaffneten Auge nicht entgeht, nämlich die: daß der Mond uns beständig dieselbe Seite zukehrt. Hieraus folgt aber, daß der Mond während seines periodischen Umlaufs sich einmal um sich selbst, oder um eine auf der Ebene seiner Bahn fast senkrecht stehende (mit der Axe der Ekliptik den nur kleinen Winkel von 1° 28′ machende) Axe dreht. Diese Axendrehung (Rotation) kann man sich dadurch begreiflich machen, daß man um einen feststehenden Gegenstand im Kreise herumgeht und demselben immer das Gesicht zuwendet; denn daraus wird man erkennen, daß man in der Zeit eines Herumganges einmal sich umgedreht hat*).

b) Da die Axe des Mondes auf der Ekliptik fast senkrecht steht, also auch der Aequator des Mondes mit der Ebene der Ekliptik fast zusammenfällt, so kann sich die Sonne niemals merklich von seinem Aequator entfernen, folglich auch keine merkliche Verschiedenheit der Jahreszeiten (wie sie für die Erde aus der Schiefe der Ekliptik entsteht; §. 18., a; vergl. mit §. 16.) auf dem Mondkörper bewirken. Es giebt aber auch noch viele andere Erscheinungen für die Mondbewohner, die von denen, welche auf der Erde Statt finden, sehr verschieden sind. So z. B. beträgt die Tag- und die Nachtlänge auf dem

---

*) Von den sogenannten Schwankungen (Librationen) der Mondkugel, vermöge deren kleine Streifen der jenseitigen Halbkugel periodisch, bald an dieser, bald an jener Randseite zum Vorschein kommen und sich wieder entfernen (optische Täuschungen, die auf keinen wirklichen Verrückungen der Mondscheibe beruhen), läßt sich ohne weitläuftige Erklärung nicht reden.

Monde 15mal 24, d. h. 360 Stunden, oder fast funfzehn unserer Tage, wobei noch merkwürdig ist, daß die eine Halbkugel des Mondes während der 15tägigen Abwesenheit der Sonne durch das Erdenlicht erleuchtet wird (also nicht völlige Nacht hat), während die andere Hälfte 15 Tage hinter einander sich des Sonnenlichtes erfreut. Ueberhaupt kommt das Erdenlicht nur den Bewohnern der uns zugekehrten Halbkugel des Mondes zu Statten; den in der Mitte wohnenden schwebt die, an Licht ab- und zunehmende, Erde immer über ihrem Haupte; den am Rande sich aufhaltenden zeigt sie sich nur am Horizonte; für alle Punkte der von der Erde abgewendeten Halbkugel kommt die Erde nie zum Vorschein. — Wie die Sonne, so gehen auch die übrigen Gestirne (Fixsterne, Planeten ꝛc.) auf dem Monde auf und unter, so jedoch, daß deren Sichtbarkeit sowohl, als deren Unsichtbarkeit der Dauer eines Tages oder einer Nacht (einem halben synodischen Monat) gleich ist, also gegen 15 Tage beträgt.

c) Giebt es wirklich Bewohner auf dem Monde, so werden diese eine andere Zeiteintheilung und Kalenderrechnung, überhaupt ein ganz anderes System der himmlischen Bewegungen und Erscheinungen haben, als wir Erdenbewohner.

Anders wird es wieder auf andern Weltkörpern (z. B. auf der Sonne vermöge ihrer Axendrehung §. 31., auf einzelnen Planeten u. s. w.) gefunden werden. Können aber alle diese Systeme zugleich wahr sein, und deuten die Widersprüche zwischen denselben nicht darauf hin, daß es nur ein System der himmlischen Bewegungen geben könne, daß nur aus diesem e i n e n alles Widersprechende sich erklären, Alles in die einfachste Ordnung sich auflösen lassen müsse?

§. 36. Ellipticität der Mondbahn.

a) Wie bei der Sonne (§. 27.), so wird auch am Monde sowohl der s c h e i n b a r e D u r c h m e s s e r, als die Geschwin-

digkeit in seiner Bahn um die Erde veränderlich gefunden. Der größte scheinbare Durchmesser des Mondes beträgt 33′ 20″, der kleinste 29′ 12″, also der mittlere 31′ 16″, wonach auch seine Abstände von der Erde verschieden sind. Vergleicht man mit den veränderlichen scheinbaren Durchmessern die beobachteten zugehörigen Geschwindigkeiten (§. 27., b.), so ergiebt sich, daß auch die Mondbahn nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen wird, und daß sie kein Kreis sein kann. Dasselbe Verfahren, wie es oben in Betreff der Bestimmung der wahren Bahn der Sonne beschrieben worden ist (§. 27., c. bis e.), auf den Mond angewendet, führt zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Mondbahn ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte O (Fig. 14. S. 69.) sich die Erde befindet;

2. Der Radius Vector des Mondes beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume (§. 28., a.);

3. Die Excentricität CO der Mondbahn ist viel beträchtlicher, als die der Sonnenbahn (§. 27., c.); denn sie beträgt $^1/_{18}$ der halben großen Axe CM.

b) In der Apsidenlinie (großen Axe) NM der Mondbahn heißen die beiden Punkte M und N die Erdnähe (Perigäum) und die Erdferne (Apogäum), in welchen beiden Punkten (den Apsiden) die Bewegung des Mondes am schnellsten und am langsamsten ist, während die Geschwindigkeit der Bewegung in m (wie in n) ihren mittlern Werth hat.

Es ändert aber die Apsidenlinie des Mondes beständig ihre Richtung im Weltraume (wie die der Sonnenbahn, §. 28., a. Anm., S. 72.), und zwar überaus schnell, so, daß sie fast in 9 Jahren (genauer in 8 Jahren 310 T. 14 St.) eine rechtgängige Bewegung um den ganzen Himmel herum macht (daß also auf jedes Jahr fast 41° kommen).

Diese und viele andere Veränderungen und Unregelmäßigkeiten, welche die genauen Beobachtungen in der elliptischen Bewegung des Mondes wahrnehmen lassen, machen es sehr schwer, den Ort des Mondes für jeden Augenblick seiner Umlaufszeit mit aller Schärfe zu bestimmen, und Tafeln zu berechnen (die man dennoch unter dem Namen der Mondtafeln besitzt: vergl. §. 28., b), vermittelst deren man zu einer solchen Bestimmung gelangen kann. Nur um die Länge des Mondes für jeden Zeitpunkt genau anzugeben, bedarf es einer beträchtlichen Menge kleiner Verbesserungen oder Aequationen, die aus solchen Tafeln entnommen werden müssen. — Woher diese, anscheinlich so verworrenen, Ungleichheiten? Der Leser wird von selbst darauf verfallen, daß es doch eine einfache physische Ursache geben müsse, aus der alle diese Abweichungen von der regelmäßigen elliptischen Bewegung herrühren, weil ja sonst die gedachten Tafeln, auf die man sich für eine lange Zukunft verlassen soll, und der Erfahrung zufolge auch wirklich verlassen kann, nicht berechnet werden könnten.

§. 37. Mondfinsternisse.

Jetzt — nachdem wir die wichtigsten Umstände, welche bei der Bewegung der Sonne und des Mondes in Betracht kommen, kennen gelernt haben — können wir uns zu einem Gegenstande wenden, der einen wichtigen Theil der vom Laufe der Sonne und des Mondes abhängigen Himmelsereignisse ausmacht, — zu den Sonnen- und Mondfinsternissen. Es kann jedoch hier nur darauf ankommen, daß wir uns einen allgemeinen Begriff von der Entstehung dieser Ereignisse, von der Nothwendigkeit ihres Eintritts unter vorgegebenen Bedingungen u. s. w. zu machen suchen, nicht aber alle zugehörige Einzelnheiten erörtern, als wozu sehr weitläuftige Auseinandersetzungen nöthig sein würden. — Wir

wollen mit den Mondfinsternissen, da sie auf einfacherer Berechnung beruhen, den Anfang machen.

Figur 19.

a) Die Erde T (Fig. 19.) wirft, als ein an sich dunkler, kugelförmiger Körper, hinter sich (auf der der Sonne S entgegengesetzten Seite) einen Schatten a d b, der, weil die Erde viel kleiner ist als die Sonne, einen in die Spitze d auslaufenden Kegel bildet, dessen Basis der Durchmesser der Erde a b ist. Die Länge T d dieses Schattens beträgt über 108 Erddurchmesser, wogegen die Entfernung des Mondes von der Erde (§. 30.) im Mittel nur 30 Erddurchmesser beträgt, also um etwa $3^1/_2$mal geringer ist als die Länge des Schattens. Der Durchmesser des Schattens in der Gegend, die der Entfernung TL des Mondes von der Erde gleich ist, ist $2^2/_3$mal (fast 3mal) so groß, als der scheinbare Durchmesser des Mondes. Fiele nun die Ebene der Mondbahn mit der Ebene der Ekliptik zusammen, so würde bei jeder Opposition des Mondes (wo die Erde in gerader Linie zwischen Sonne und Mond steht), sich der Mond völlig in den Schatten der Erde eintauchen, oder es würde derselbe in allen Vollmonden gänzlich verfinstert werden. Da aber die Mondbahn gegen die

Ekliptik geneigt ist und diese in der Knotenlinie schneidet (§. 32., b.), diese Knotenlinie auch fortwährend rückwärts geht (§. 32., c.), folglich der Mond zur Zeit seiner Opposition gegen die Ebene der Ekliptik nach und nach verschiedene Lagen annimmt, so kann er auf seinem Laufe in den Erdschatten nur bisweilen, entweder mit seiner ganzen Scheibe, oder nur mit einem Theile derselben, eintreten, so lange er nämlich weniger als 10½ Grade von einem der beiden Knoten entfernt ist (was man die Grenzen der Mondfinsternisse nennt). Steht der Vollmond, was meistens der Fall ist, außerhalb dieser Grenzen, so kann er den Erdschatten nur berühren, oder er wird zu hoch über, oder zu tief unter dem Erdschatten stehen, als daß er von demselben getroffen werden (eine Verfinsterung erleiden) könnte.

b) An den Seiten des Schattenkegels adb befindet sich ebenfalls ein Schatten, der nicht so dunkel ist als der des Kegels, und durch das bloß theilweise eindringende Sonnenlicht entsteht; er heißt der Halbschatten, im Gegensatz des innerhalb adb befindlichen vollen oder Kernschattens. Man findet den Halbschatten, wenn man von den Rändern A, B der Sonne Linien zieht, welche, nachdem sie sich in C durchschnitten haben, die Oberfläche a und b der Erde berühren. Werden diese Linien in unbestimmte Ferne, über e und f hinaus, verlängert, so bilden sie den abgestumpften Kegel aefba. Innerhalb dieses vom Halbschatten gebildeten Raumes würde ein Beobachter, z. B. in D, nur einen Theil AE der Sonnenoberfläche sehen, während ihm der andere Theil EB verborgen wäre; er würde also auch nur einen Theil der Sonnenstrahlen empfangen, und zwar um so viel mehr, je näher er dem äußersten Rande e des Halbschattens wäre, — wohingegen ein Beobachter außerhalb dieses letztern, z. B. in g, die ganze Sonnenscheibe sieht, und völlige Erleuchtung hat.

c) Wenn also der Vollmond innerhalb der unter a. angegebenen Grenzen in die Richtung der von ihm nach Erde und Sonne gezogenen geraden Linie kommt, so wird er von einer Dunkelheit umgeben, und es entsteht eine Mondfinsterniß, die, weil der Mond von Abend nach Morgen fortrückt, allemal an der östlichen Seite des Mondes anfängt, und an der westlichen Seite endet. Die Finsterniß ist total oder partiell, je nachdem der Mond ganz oder zum Theil in den Kernschattenkegel tritt; die totale wird central, wenn der Mittelpunkt des in seiner Bahn von M nach L' und N rückenden Mondes genau die Axe des Schattenkegels in L berührt.

Man denkt sich aber, um die Größe (Ausdehnung) einer Finsterniß zu bestimmen, den Mond in 12 gleiche und parallele Zonen, welche Zolle genannt werden, eingetheilt, und sagt, wenn z. B. $1/3$ oder die Hälfte der Mondscheibe vom wahren Schatten bedeckt ist, die Finsterniß habe 4 oder 6 Zoll. — Eine totale Finsterniß kann, wegen der beträchtlichen Breite des Durchmessers des Schattens (s. a.), bis gegen 4 Stunden dauern, und zwar so, daß 2 Stunden auf die eigentlich totale, die erste und letzte Stunde auf die partiale Finsterniß kommen.

d) Da, bei einer eintretenden Finsterniß, der Mond erst in den Halbschatten eintritt, so verliert er seinen Glanz nur allmälig und je weiter er sich in den Kernschatten eintaucht, der von jenem wie von einem Nebel umgeben wird. Aber auch in dem Kernschatten verschwindet der Mond gewöhnlich nicht ganz, selbst wenn die Finsterniß eine totale ist (er behält in diesem Falle ein schmutziges kupferfarbiges Ansehen), weil durch die Beugung der Sonnenstrahlen, welche in unserer Atmosphäre nach dem Monde hin gebrochen werden (vergl. §. 6., 4.), einiges Licht zu ihm gelangt.

e) Die Mondfinsternisse sind, da sie von dem wirklichen Schatten der Erde herrühren, auf allen den Punkten der

nächtlichen Halbkugel der Erde, über deren Horizont sich der Mond befindet, in gleicher Größe und in gleicher Dauer (was bei Sonnenfinsternissen nicht der Fall ist) zu sehen. Nur die Tagesstunden sind verschieden, zu denen man an verschiedenen, östlich oder westlich von einander entfernt liegenden, Orten den Ein- oder Austritt der Finsterniß beobachtet; und dieß giebt ein Mittel zur Bestimmung der geographischen Länge verschiedener Orte, die man eben so wenig als die geographische Breite (§. 11., f.) durch unmittelbare Messungen ausfindig machen kann.

Um diese Länge zu erfahren, muß man bekanntlich die Anzahl der Grade ꝛc. des Aequators bestimmen, welche zwischen dem Meridian des zu bestimmenden Ortes und dem eines seiner Länge nach bekannten Ortes liegen. Dieser Bogen kann nur gefunden werden, wenn man den Unterschied der Zeit (der Stunden, Minuten ꝛc.), der für beide Orte Statt findet, ausgemittelt hat. Denn da die Sonne vermöge ihres täglichen Umlaufs den ganzen Umkreis des Himmels (also 360°) in 24 Stunden beschreibt, so tritt, da hierbei auf jede Stunde 15 Grade (auf 4 Min. 1 Grad, auf 1 Min. 15 Gradminuten, auf 4 Sec. 1 Gradminute u. s. w.) kommen, die Sonne in einen Meridian, der 15°, 30° u. s. w. westlicher liegt als ein anderer, 1 oder 2 St. u. s. w. später ein als in diesen. Alle Orte unter dem westlichen Meridian sind daher mit ihrer Zeit an der Uhr, die beim Durchgang der Sonne durch den Meridian genau 12 zeigt, gegen den östlichen so viel zurück, als der Gradunterschied beider Meridiane beträgt. Ist nun der Stundenunterschied gegeben, so ist nichts leichter, als den Unterschied der geographischen Länge zu finden (und umgekehrt). Kennt man ferner die Länge des einen Orts in Beziehung auf einen gewissen Meridian, den man den ersten nennt (wofür die Geographen gemeiniglich den Meridian der Insel Ferro, der westlichsten der Kanarischen

Inseln, die Astronomen aber den ihrer Sternwarten, z. B. der Pariser, der Greenwicher, der Berliner u. s. w. annehmen), so kann man daraus überhaupt die Länge des andern Orts (in Beziehung auf den ersten Meridian, von welchem aus man die Länge entweder in der Richtung von Abend nach Morgen in Einem fort bis zu 360°, oder nur bis 180° östlich und westlich rechnet) leicht finden, gerade wie dieß am Himmel in Betreff der Rectascension eines Gestirns geschieht (§. 22.).

Man wird nun einsehen, wie man aus dem Zeitunterschiede, den man für den Eintritt rc. einer an verschiedenen Orten beobachteten Mondfinsterniß wahrnimmt, die geographische Länge dieser Orte herzuleiten, wie man diese aber auch aus andern, an verschiedenen, östlich oder westlich von einander entfernt liegenden, Orten angestellten himmlischen Beobachtungen (vergl. unten §. 47., c.), z. B. denen der Sonnenfinsternisse, der Sternbedeckungen durch den Mond (§. 34., a. Anmerk.), auf der See insbesondere auch durch sorgfältig construirte und zuverlässige Uhren (Chronometer), die man an irgend einem seiner Länge nach bekannten Orte auf den wahren Mittag gestellt hat, zu finden im Stande ist.*)

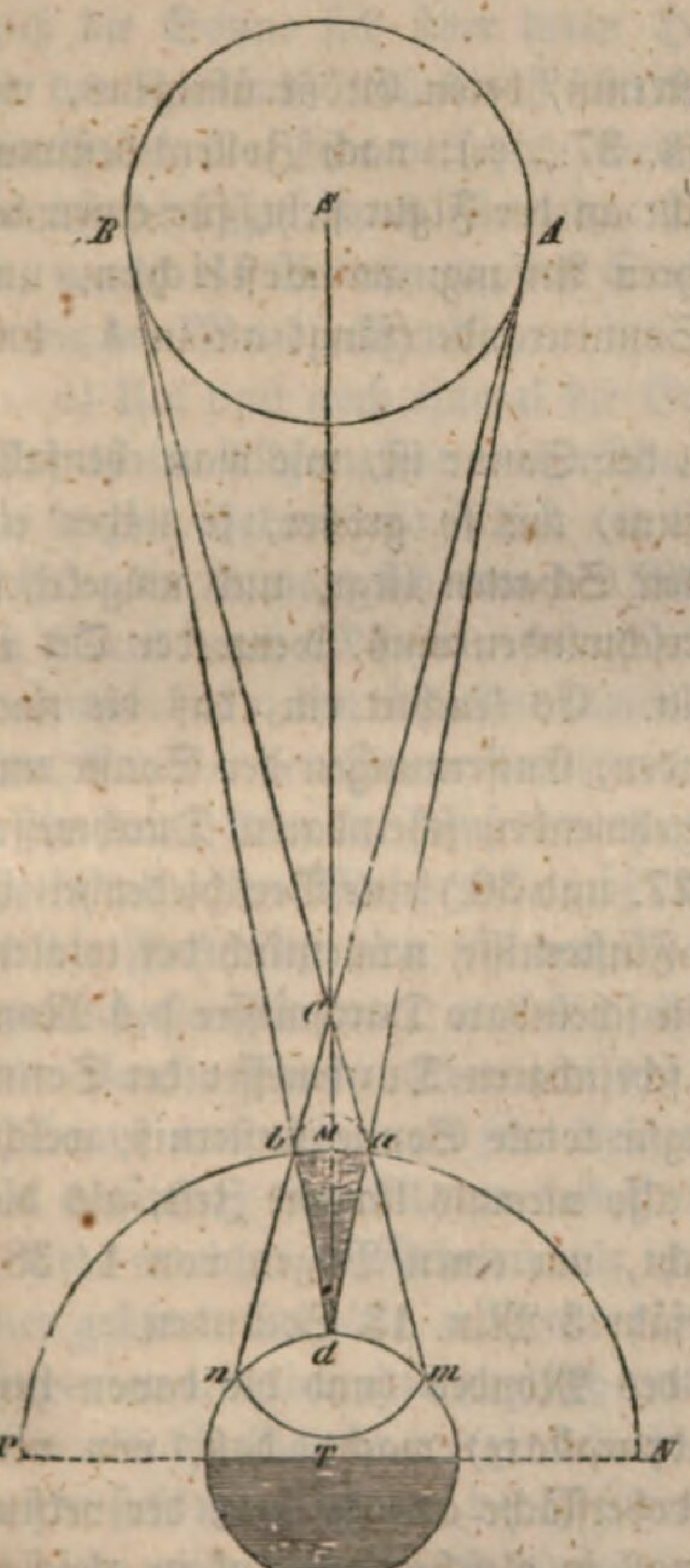
f) Kaum bedarf es jetzt noch einer Erinnerung, daß, da bei einer Mondfinsterniß der Schatten der Erde auf der Vollmondscheibe immer kreisrund erscheint, hierin ein recht augenscheinlicher Beweis für die kugelförmige Gestalt unserer Erde liegt.

§. 38. Sonnenfinsternisse.

a) Auch der Mond wirft, als ein an sich dunkler, kugelförmiger Körper, nach der von der Sonne abgewendeten Seite hin, einen Schatten adb (Fig. 20., wo M der Mond, T die Erde, in S die Sonne ist), der, wenn der Mond in seiner Conjunction steht, oder Neumond ist, mit seinem Ende d

*) S. Anh. zu §. 37. e., Zugabe zu c.

Figur 20.



nach der Erde hin fällt, und dessen Länge, wie sich aus den bekannten Größen und Entfernungen der Sonne und des Mondes ergiebt, im Allgemeinen nahe dem Abstande des Mondes von der Erde gleich ist. Der Durchmesser des *Halbschattens* mnbam (denn dieser und der Kernschatten adba bildet sich, wie die Figur zeigt, auf dieselbe Weise, wie wir §. 37., b. gesehen haben) an der Spitze d des vollen Schattens ist $^5/_9$ des Durchmessers der Erde.

Trifft es sich nun, daß der Mond zur Zeit seiner Conjunction in oder nahe bei einem seiner Knoten, und zwar durchschnittlich nicht weiter als 16⁰ von demselben steht (welcher Abstand zu beiden Seiten des Knotens die *Grenzen* der Sonnenfinsternisse bestimmt), so entzieht er gewissen Gegenden und Punkten der Erdoberfläche das Sonnenlicht ganz oder theilweise, verursacht also eine *totale* oder *partiale*, oder für den seltenen Fall, daß das Centrum seiner Scheibe mit dem Centrum der in diesem Falle etwas größern Sonnenscheibe zusammenfällt, eine

sogenannte ringförmige Sonnenfinsterniß (bei welcher letztern also von der Sonnenscheibe nur ein flammender Ring übrig bleibt).

Eine jede Sonnenfinsterniß, deren Größe übrigens, wie die der Mondfinsternisse (§. 37., c.), nach Zollen bestimmt wird, nimmt, wie man leicht an der Figur sieht, für einen bestimmten Ort der Erde ihren Anfang am westlichen, und hört auf am östlichen Sonnenrande (fängt an in A, und endet in B).

b) Der bedeckte Theil der Sonne ist, wie man ebenfalls leicht aus der Figur erkennt, um so größer, je näher ein Beobachtungsort dem vollen Schatten liegt, und umgekehrt; so wie die Sonne ganz verschwinden muß, wenn der Ort in den Kernschatten selbst fällt. Es leuchtet ein, daß die nach den, sich nicht gleichbleibenden, Entfernungen der Sonne und des Mondes ab- oder zunehmenden scheinbaren Durchmesser beider Himmelskörper (§. 27. und 36.) eine Verschiedenheit in die Größe und Dauer der Finsternisse, namentlich der totalen, bringen müssen. Der größte scheinbare Durchmesser des Mondes übertrifft den kleinsten scheinbaren Durchmesser der Sonne nur um 1′ 38″. Die längste totale Sonnenfinsterniß, welche Statt finden kann, dauert also niemals längere Zeit, als die, welche der Mond gebraucht, um einen Bogen von 1′ 38″ zu durchlaufen, d. h. ungefähr 3 Min. 13 Secunden.

c) Die große Nähe des Mondes (und die davon herrührende bedeutende Mondparallaxe) macht, daß, von verschiedenen Punkten der Erdoberfläche aus gesehen, der verfinsternde Neumond nicht überall in gleicher Zeit und in gleichen Punkten auf der Sonnenscheibe gesehen werden kann. In der That weiß Jedermann, daß eine Sonnenfinsterniß nicht, wie eine Mondfinsterniß (§. 37., e.), an allen Orten, wo man sie überhaupt sieht, gleich groß und von gleicher Dauer erscheint; daß ihr Anfang und ihr Ende verschieden ist; daß

sogar eine Finsterniß, die an einem bestimmten Orte eine totale ist, für andere Orte sehr klein, ja unsichtbar sein kann, wenn gleich die Sonne sich über deren Horizonte befindet. Dieß, und der Umstand, daß die Rechnung, die für einen in den Mittelpunkt der Erde versetzten Beobachter nicht, wie bei den Mondfinsternissen, auch für jeden Ort auf der Erdoberfläche gilt, macht die Berechnung der Sonnenfinsternisse schwieriger als die der Mondfinsternisse.

d) Um uns noch einmal die Erscheinung einer Sonnenfinsterniß im Allgemeinen vorzuführen, sei in Fig. 20. (außer dem bereits Bekannten) NMP ein Theil der Mondbahn um die Erde T. Bewegt sich nun der Mond in dieser seiner Bahn von Abend nach Morgen, wie von M nach P, so sieht der Beobachter in n den östlichen Rand b des Mondes den westlichen Rand A der Sonne berühren, und die Finsterniß fängt für ihn an. Aber in demselben Augenblicke verläßt der westliche Rand a des Mondes den östlichen Rand B der Sonne, und die Finsterniß hört für den Beobachter in m auf. Die Sonnenfinsterniß findet also für alle zwischen m und n liegende Punkte Statt. Aber aus der Figur ist zu ersehen, daß die Sonne nur auf einem sehr kleinen Theile der Erde zugleich total verfinstert ist, weil nur das Ende des Kernschattenkegels die Erde erreicht. — Nehmen wir an, der Mond sei in M in seiner größten Erdnähe, während die Sonne sich im Aphelium befindet, er erscheine also zugleich unter einem größern Durchmesser als die Sonne (vergl. b.), so wird von seinem Schattenende sich mehr, als in der Figur angenommen ist, über die Erdfläche verbreiten (was in diesem äußersten Falle einen Raum von 36 Meilen im Durchmesser ausmachen kann); setzen wir dagegen den Fall, der Mond sei zur Zeit der Finsterniß in seiner größten Erdferne, die Sonne dagegen in ihren Perihelium, so wird die Schattenspitze um 5 bis 6 Halbmesser der Erde von der Erdoberfläche abstehen, folglich in den Punkten,

über welche diese Spitze hinläuft, eine ringförmige Sonnenfinsterniß (immer von sehr kurzer Dauer) sich zeigen. *)

§. 39. Perioden der Finsternisse.

a) Das bereits oben (§. 33., 3.) erwähnte Verhältniß zwischen der synodischen Umlaufszeit des Mondes und der Umlaufszeit seiner Knoten giebt eine merkwürdige Periode für die Sonnen- und Mondfinsternisse (die Chaldäische genannt). Da nämlich 223 mittlere synodische Mondmonate, und 19 ganze Umläufe der Knoten sehr nahe 18 Jahre 11 Tage und $7^2/_3$ St. betragen, so kehren nach Verlauf dieser Zeit (da alsdann Sonne und Mond wieder in dieselbe Lage gegen den Mondknoten kommen) die Finsternisse fast genau in derselben Ordnung und Größe zurück, und wir haben hiernach in gedachter Periode ein sicheres Mittel zur allgemeinen Vorausbestimmung der eintretenden Finsternisse, deren Zahl während derselben sich auf siebenzig beläuft, wovon 41 auf die Sonnen-, und 29 auf die Mondfinsternisse kommen, so jedoch, daß für einen bestimmten Ort der Erde (aus Gründen, die sich aus dem Vorigen ergeben) erstere etwa dreimal seltener sind als die letzteren.

b) Indeß sind die einzelnen Umstände (Zeitmomente des Eintritts, Sichtbarkeit und Dauer u. s. w.) für bestimmte Gegenden und Orte der Erdoberfläche bei den wiederkehrenden Finsternissen so verschieden, daß jede derselben eine besondere Berechnung erfordert. Diese zu machen ist den Astronomen, wenn auch nicht ohne Mühe, doch darum möglich, weil ihnen Alles, was der Rechnung zur Grundlage dient, als: die

---

*) Die anschaulichste und deutlichste Vorstellung von dem Hergange der Sonnen- und Mondfinsternisse, wie er zeither dargestellt worden ist, gewährt das Lunarium (vergl. zu §. 34. b. Anmerk.); ja, was sich mit diesem in kurzer Zeit, und zu überraschender Freude der Beschauenden leisten läßt, ist durch keine Zeichnung und Beschreibung ganz zu ersetzen.

genaue Kenntniß der täglichen, stündlichen ꝛc. Bewegung, der Entfernung und scheinbaren Größe der Sonne und des Mondes, der Neigung der Mondbahn, der Lage und Bewegung der Knoten und der Apsiden u. s. w., zu Gebote steht, ja größtentheils aus den bereits vorhandenen Sonnen- und Mondtafeln (§. 28., b. und 36., b.) von ihnen entnommen werden kann. Für die Richtigkeit der Rechnung und der dabei gemachten Voraussetzungen bürgt der Erfolg, nämlich das genaue Zutreffen aller berechneten Umstände, das den Unkundigen in Erstaunen setzt und blindlings zu glauben nöthigt, was der Gebildete, zu hoher Befriedigung seines Geistes, für begründete Wahrheit zu halten sich fähig gemacht hat.

§. 40. Physische Ursache der Bewegung des Mondes.

a) Alle, bis jetzt betrachtete, Bewegungen himmlischer Körper geschehen in kreisförmigen, oder doch (wie bei der Sonne und dem Monde) in nur wenig von der Kreisform abweichenden Bahnen. Woher diese krummlinigen, immer auf einen gewissen Punkt innerhalb der Bahnen (Mittelpunkt) sich beziehenden, und um denselben in regelmäßiger Wiederkehr sich erneuernden Bewegungen? Diese Frage*) hat sich gewiß mancher Leser schon selbst aufgeworfen, und sie liegt auch so nahe, daß wir wenigstens eine vorläufige Antwort darauf, zunächst in Beziehung auf den Mond, suchen wollen, bevor wir uns zu weiterer Betrachtung der am Himmel vor sich gehenden Bewegungen wenden.

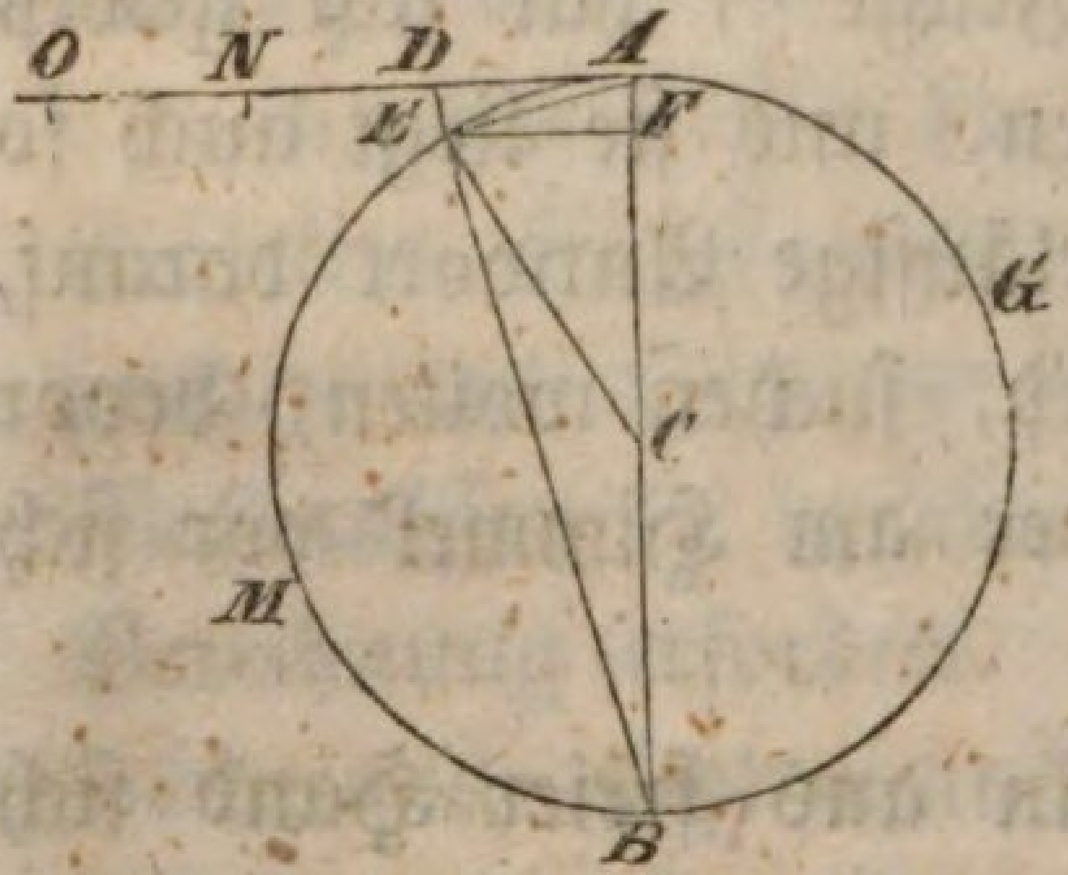
Wir Alle wissen, daß ein Stein aus freier Hand sich nicht so werfen, oder eine Billardkugel sich nicht so fortstoßen lasse, daß jener und diese in einem Kreise herumgehen könnte. Geben wir aber einem Steine ꝛc., der an einer mit dem andern

*) Es hängt mit derselben das zusammen, was schon oben, §. 31., b., in Beziehung auf die Sonne angedeutet worden ist.

Ende zwischen den Fingern gehaltenen Schnur befestigt ist, einen Schwung, oder einer Kugel, die von einem starken Faden, deren anderes Ende um einen auf einer ebenen Fläche eingeschlagenen Stift geschlungen ist, festgehalten wird, einen senkrecht auf den ausgespannten Faden gerichteten Stoß, so sehen wir den Stein, oder die Kugel, sich in einem Kreise herumschwingen. Wie wir hier eine Kreisbewegung, eines Theils aus einem Schwunge oder Stoße, anderen Theils aus dem Gebundensein des bewegten Körpers an einen festen Mittelpunkt der Bewegung entstehen sehen, so müssen wir auch bei der kreisförmigen Bewegung des Mondes eine doppelte Ursache dieser Bewegung annehmen, einmal einen Stoß oder Wurf, der den Mond in Bewegung setzte, sodann ein, wenn auch nicht sinnlich wahrnehmbares, Band, das den Mond an den Mittelpunkt seiner Bewegung, die Erde, fesselte und immerfort gefesselt hält.

b) Wir wollen (wie die Astronomen zur Erklärung der krummlinigen Bahnen der Himmelskörper überhaupt thun) annehmen, der Mond habe in A (Fig. 21.) beim Beginn seines Laufes um die Erde C einen Stoß nach der auf AC senkrechten Richtung AO hin, oder nach der Tangente,*) die den Kreis in A berührt, erhalten. Mit der Geschwindigkeit, die ihm der Stoß in A ertheilte, würde er, vermöge seines Verharrungsvermögens (des Gesetzes der sogenannten Trägheit), nach der einmal erhaltenen (geraden) Richtung immer fort-

Figur 21.



*) An einem Kreise läßt sich eine Tangente sehr leicht, nämlich dadurch ziehen, daß man eine gerade Linie AO rechtwinklig an den Endpunkt A eines Halbmessers AC ansetzt. Bei andern krummen Linien (Curven), als

laufen, und in gleichen Zeittheilen, z. B. in einer **Minute**,*) durch gleich große Strecken AD, DN, NO u. s. w. geradlinig (in tangentieller Richtung) sich fortbewegen. Es treibe ihn aber zugleich eine ununterbrochen fortwirkende Kraft nach C, dem Mittelpunkte der Erde, hin, und zwar sei diese Kraft (**Centripetalkraft**) dieselbe, welche alle Körper über und auf der Erde nach deren Mittelpunkte hintreibt, also die **Schwerkraft** (Anziehungs- oder Attractionskraft) der Erde. Aus der Zusammenwirkung der **Tangentialbewegung** (gewöhnlich Schwung- oder **Centrifugalkraft** genannt) und der **Schwerkraft****) entsteht eine zusammengesetzte Bewegung, vermittelst welcher der Mond den Bogen AE beschreibt. Dieser Bogen kann, wegen des angenommenen sehr kleinen Zeittheils der Bewegung, für eine gerade Linie gelten, und

---

der Ellipse rc., ist das, auf die Eigenschaften einer solchen Curve gegründete, Verfahren schwieriger. Immer aber ist die Tangente die Gerade, welche die krumme Linie **nur in dem Punkte**, von wo aus sie gezogen wird, berührt.

*) Gewöhnlich nimmt man eine Secunde an; wir wollen aber, der leichtern Berechnung wegen den 60mal größren Zeittheil, nämlich die Minute, nehmen.

) Zwischen Schwer- oder Attractionskraft, und Wurf-, Stoß- oder Schwungkraft ist ein wesentlicher Unterschied. Die **Schwerkraft wirkt beständig und ohne Unterlaß (stetig); die **Wurfkraft** hingegen ist eine Kraft, die nur in einem gewissen (vergangenen) Zeitpunkt wirkte, oder die (primitive) Ursache zu der nun, vermöge des Gesetzes der Trägheit oder der Beharrung, ununterbrochen fortgehenden Bewegung ward. Ob diese Wurfkraft eine unmittelbar (durch den allmächtigen Willen des Schöpfers), oder mittelbar (durch irgend einen physischen, immer auch von der Allmacht geordneten, Hergang) wirkende Kraft gewesen sei, hat die Astronomie nicht zu erörtern. Für den Zweck der astronomischen Berechnung ist es genug, anzunehmen, daß ein sich bewegender Weltkörper irgend einmal einen **Impuls** erhielt, der ihn in Bewegung setzte (wie ihn ein Stein erhält, wenn er geworfen wird); und dieß ist der Sinn des Wortes: „Wurf- oder Stoßkraft" (Projectilkraft).

zwar für die Diagonale eines kleinen Parallelogramms*) AFED, dessen eine Seite AD der Weg ist, den der Mond ohne Einwirkung der nach C ziehenden Kraft in dem Zeittheilchen beschreiben, und die andere AF der Raum, um welchen er in eben dieser Zeit, wenn die Schwungkraft zu wirken aufhörte, nach C hin fallen würde.

Wenn der Mond, vermöge der Trägheit, mit der Geschwindigkeit, die er in A hatte, sich eben so viel von C, dem Mittelpunkte der Schwerkraft, entfernen würde, als die Kraft ihn nach C in eben der Zeit hintreibt (den Winkel CAD als einen rechten angenommen), so beschreibt er um C einen Kreis AMBGA, in welchem die Geschwindigkeit unverändert bleibt. Ob nun schon die Entfernung des Mondes von der Erde veränderlich ist (§. 36., a.), und darum auch die Kraft, mit welcher die Erde auf ihn wirkt, nicht in allen Punkten seiner Bahn genau dieselbe sein wird, so können wir doch letztere hier als einen Kreis annehmen, welcher in derselben (periodischen) Umlaufszeit, in der die mittlere Bewegung des Mondes vollbracht wird, durch eine unveränderliche Attractionkraft vom Monde beschrieben werden würde.

c) Vermittelst leichter Sätze der Elementargeometrie läßt sich nach einem, von Huyghens (geb. in Haag 1629, gest. 1695) zuerst gefundenen Satze beweisen: **)

daß in dem Kreise das Quadrat der Geschwindigkeit (also AE.AE) so groß ist, als das Product aus dem Durchmesser des Kreises in den Weg, den der bewegte Körper in einer Secunde nach dem Mittelpunkte des Kreises zurücklegt (also so groß als AB.AF); kürzer:

daß $AE^2 = AB . AF$ ist;

---

*) Kl. math. Handb. §. 68. 69.

**) S. den Anhang.

woraus, wenn man diese Gleichung auf beiden Seiten mit AB dividirt,*) zugleich folgt:

$$\text{daß } AF = \frac{AE^2}{AB} \text{ ist.}$$

Wäre das Quadrat der Geschwindigkeit größer als das gedachte Product (wie in der Erdnähe des Mondes), so würde sich der Körper vom Mittelpunkte der Kraft entfernen, in der Erdferne hingegen sich demselben nähern, die Bahn also, wie wirklich beim Monde der Fall ist, elliptisch sein.

d) Es kommt nun darauf an, zu beweisen, ob AF wirklich der Fall des Mondes zum Mittelpunkte C der Erde hin in einer Minute ist, wie er es nach folgender Voraussetzung sein müßte:

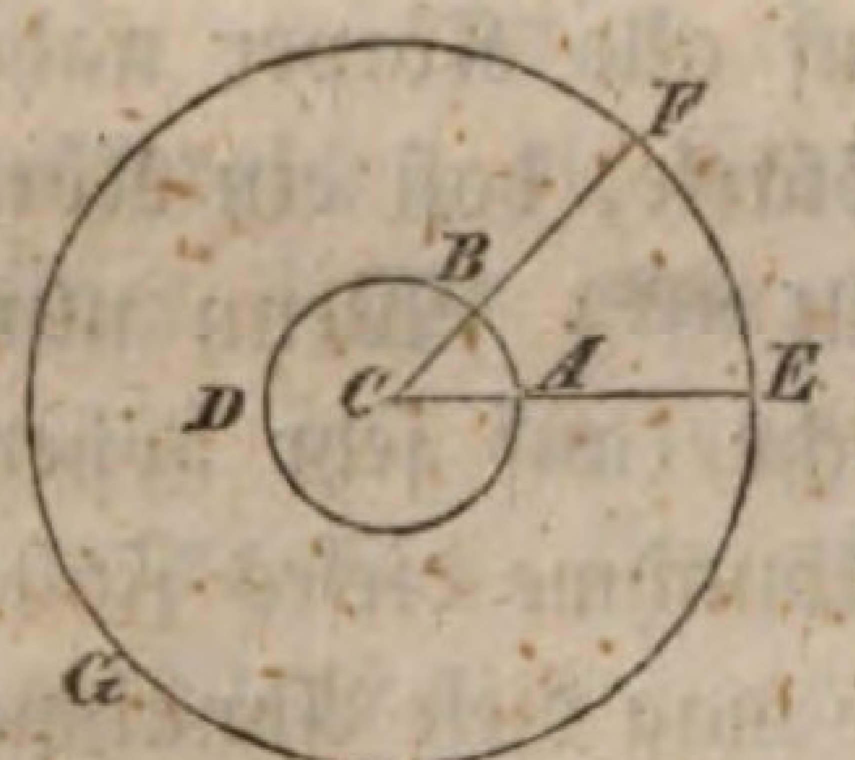
Die Schwerkraft der Erde wirkt auf alle Körper nahe an oder über deren Oberfläche mit der Stärke, daß ein Körper in einer Secunde 15,6 Fuß herabfällt.**) Wenn nun schon in größerer Höhe über der Erdfläche (auf sehr hohen Bergen 2c.) eine, wenn gleich geringe, Abnahme dieses Fallraumes in 1 Sec. sich bemerklich macht, so mag diese Abnahme mit der zunehmenden Entfernung von der Oberfläche der Erde immer merklicher werden. Es läßt sich dieß aus dem abnehmen, was in ähnlicher Weise beim Lichte wahrgenommen wird.

*) Kl. mathem. Handb. §. 48., d.

**) Die zuerst von Galileo (geb. zu Pisa 1564, gest. 1642) entdeckten Fallgesetze werden in der Physik erklärt. Das Wichtigste davon findet man unter andern in Littrow's Wunder 2c. 3. Hauptabth. I. Abschn. §. 16. ff. Hier werde für unsern Zweck nur angeführt: 1.) daß ein freifallender Körper in 1 Sec. durch 15 Fuß (und einen Bruchtheil), in der 2ten Sec. durch 3mal 15 Fuß, in der 3ten Sec. durch 5mal 15 Fuß, und so ferner nach dem Fortschreiten der ungeraden Zahlen, herabfällt; 2.) daß die Fallräume sich wie die Quadratzahlen der dabei verflossenen Secunden verhalten, so also, daß ein Körper in 2 Secunden durch 2.2=4mal 15 Fuß, in 3 Secunden durch 9mal 15 Fuß, in 4 Sec. durch 16mal 15 Fuß u. s. w. herabfällt.

Denn wir können uns die Schwerkraft mit den Linien, die vom Mittelpunkte der Erde aus (in welchem wir uns die Schwere aller Erdtheilchen gegen einander wie in einem Schwerpunkte vereinigt denken müssen) nach allen Richtungen hingezogen werden, verbunden vorstellen, wie das Licht mit den von einem leuchtenden Körper nach allen Seiten hingezogenen mathematischen Linien. Je weiter sich jene Kraftstrahlen der Schwere (um sie so zu nennen) verbreiten, desto schwächer wird ihre Wirksamkeit, ebenso wie die Lichtstärke, bei immer weiter sich ausbreitenden Lichtstrahlen, sich vermindert.

Figur 22.



Es stelle C (Fig. 22.) den Schwerpunkt der Erde vor, ABD die Erdfläche, EFG irgend eine andere entferntere Kugelfläche um den Mittelpunkt C. Man nehme auf der erstern einen Flächenraum ABCA, und verlängere die denselben umschließenden Halbmesser AC, BC bis an die andere Kugelfläche, also bis nach E und F. Der Raum EFCE, der auf dieser Kugelfläche abgeschnitten wird, verhält sich zu dem Raume ABCA, wie das Quadrat von CE zu dem Quadrate von CA. *) Die Kraft in E, F ist daher schwächer, als die Kraft in A, B, nach dem Verhältniß der Ausdehnung der Linien, womit die Kraft gleichsam verbunden ist, oder in dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen von dem Mittelpunkte der Kraft.

e) Nach der unter d. gemachten Voraussetzung fahren wir nun in dem dort angedeuteten Beweise fort. Der Halb-

---

*) Die ähnlichen Grundflächen verhalten sich nämlich wie die Quadrate ihrer gleichnamigen Seiten; überhaupt die Flächen ähnlicher Figuren wie die Quadrate ähnlich liegender Seiten. S. Kl. math. Handb. §. 97.

messer der Erde hält (in runder Zahl) 860 Meilen, und der Halbmesser A C der Mondbahn (Fig. 21.) 60 Erdhalbmesser, oder 51600 Meilen; also jener (die geographische Meile zu 23660 Rhein. Fuß angenommen) ungefähr 20'348000 Fuß, dieser 1220'800000 Fuß. Aus dem Halbmesser der Mondbahn berechne man nun deren Umfang *) in Fußen, und theile den letztern durch die Anzahl der Minuten eines periodischen Monats (also durch etwa 39345 Min.); hierdurch erhält man den Bogen A E, als den Weg des Mondes in 1 Minute. Das Quadrat desselben, nach der Formel unter c. dividirt durch den Durchmesser AB der Mondbahn, giebt AF, oder die Fallhöhe des Mondes in 1 Minute. **) Diese findet man etwas über 15 Fuß (bei genauerer Rechnung etwa 15,6 Fuß; vergl. d.).

Nun würde bei uns ein Körper, der in 1 Sec. 15 Fuß fällt, in 1 Minute (oder in 60 Secunden) 60mal 60 so viel Fuß, also 3600mal 15 = 54000 Fuß fallen. Die Schwere, oder die Attractionskraft der Erde, ist demnach in der Gegend des Mondes 60 . 60mal kleiner als an der Erdoberfläche

---

*) Das Verhältniß des Durchmessers zum Umfange des Kreises ist nämlich wie 1 zu 3, 14; oder auch wie 113 zu 355. S. Kl. math. Handb. §. 110.

**) Die eigene Ausführung der ganzen Rechnung wird dem gebildeten Leser nicht schwer fallen, und ihm vielleicht einiges Vergnügen machen. Nur wolle derselbe hierbei, wie bei vielen andern in diesem Buche vorkommenden Berechnungen, nicht vergessen, daß, wenn er anderwärts kleine Abweichungen von den ihm hier vorgelegten Ergebnissen findet (sie finden sich überhaupt in den astronomischen Schriften verschiedener Verfasser, wenn man sie unter einander vergleicht), er dieß den, in der Astronomie gar nicht zu vermeidenden, kleinen Verschiedenheiten der der jedesmaligen Hauptrechnung zu Grunde gelegten einzelnen Rechnungsgrößen (wie z. B. oben der Größe des Erdhalbmessers, des Halbmessers der Mondbahn, der geograph. Meile in Fußen, der Bruchtheile beim Fallraume der Körper u. s. w.) zuzuschreiben habe.

($\frac{54000}{3600}$ = 15 Fuß), also um das Quadrat der Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde vermindert. Folglich sind wir berechtigt zu behaupten:

1.) daß die Kraft, die den Mond in seiner Bahn hält, eben die Schwerkraft ist, die alle Körper auf der Erde zu deren Mittelpunkte treibt; daß jedoch

2.) diese Kraft in dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung des Mondes auf diesen Himmelskörper wirkt.

Diese beiden Sätze hat zuerst Newton (geb. zu Woolstrop in England den 25. December 1642., gest. zu London den 20. März 1727) aufgestellt und bewiesen, und sie sind es, die in weiterer Anwendung auf die Bewegungen der Himmelskörper die Astronomie zu einer bewundernswürdigen Stufe der Vollkommenheit gebracht haben. Das unsterbliche Werk, worin Newton seine großen Entdeckungen (die nach ihm benannte Gravitationslehre) bekannt gemacht hat, führt den Titel: Principia philosophiae naturalis mathematica. Lond. 1684. 4.

f) Wenden wir das Vorstehende auf die 400mal weiter als der Mond von uns entfernte Sonne an, so müßte die Schwerkraft der Erde, nach dem so eben (unter d. und e.) bewiesenen Gesetze ihrer Abnahme, da, wo die Sonne steht, 400 . 400 = 160000 schwächer sein, als in der Gegend des Mondes. Ist es nun gedenkbar, daß eine so geringe Kraft vermögend sei, den fast 1½ Millionenmal größern Sonnenkörper an die Erde zu fesseln und in seiner (scheinbaren) Bahn zu erhalten? Ist es nicht vielmehr weit natürlicher und vernünftiger, anzunehmen: daß die Sonne es sei, welche vermöge der ihrer gewaltigen Masse inwohnenden Attractionskraft den Erdball sich unterwürfig gemacht hat, und diesen, nachdem er, wie der Mond, nach einer tangentiellen Richtung hin einmal

in Bewegung gesetzt worden ist, in ununterbrochenem Kreislaufe um sie zu gehen nöthigt?

Vierter Abschnitt.

Eigene Bewegung der Planeten.

§. 41. Untere Planeten.

a) Unsere Betrachtung wendet sich nun zu der sehr kleinen Zahl von Gestirnen, die, wie Sonne und Mond, mit eigenthümlicher, im Ganzen von Abend nach Morgen gerichteten, Bewegung den Thierkreis, in größtentheils nicht beträchtlicher Abweichung von der Ekliptik, durchwandern, zu den Planeten. Auf den ersten Anblick den Fixsternen ähnlich, werden sie doch leicht an ihrem weniger funkelnden und blitzenden Lichte erkannt, im Fernrohre aber scheibenförmig und in nur mattem Glanze gesehen. Kennt man den Aldebaran im Stier, den Regulus im Löwen, die Spica in der Jungfrau und den Antares im Scorpion (§. 19., 3. 6. 7. 9.), so kann man die hellsten der Planeten von diesen Sternen leicht unterscheiden.

Zwei der Planeten halten sich immer in der Nähe der Sonne auf, nämlich Mercur (☿) und Venus (♀), jener sehr klein, und, obschon mit einem lebhaften, weißlichen Lichte glänzend, doch, wegen der nahen Sonne, nur mit Mühe zu erkennen, diese durch Glanz und scheinbare Größe vor allen Sternen des Himmels sich auszeichnend.

b) Mercur. — Man sieht den Mercur Abends nach dem Untergange der Sonne, westlich von dieser, bis zu der allmälig anwachsenden Entfernung von 18° bis 28°. In dieser äußersten Entfernung scheint er einige Zeit still zu stehen; hierauf durchläuft er seinen frühern Weg rückwärts, also von

Morgen nach Abend, und verschwindet zuletzt ganz bei der Sonne. Kurze Zeit darauf erscheint er des Morgens in Osten kurz vor Aufgang der Sonne, entfernt sich immer mehr von derselben bis zu der angegebenen Weite, wo er abermals still zu stehen scheint, hierauf aber rechtläufig wieder zur Sonne zurückkehrt und in deren Strahlen verschwindet, um den beschriebenen Lauf von Neuem zu beginnen.

Zur Zeit des größten Abstandes (der größten östlichen und westlichen Elongation) erscheint der Mercur in stark vergrößernden Fernröhren nur halb erleuchtet, überhaupt nach und nach in abwechselnden Lichtgestalten wie der Mond in den Sicheln, den Vierteln u. s. w. Auch sieht man ihn, wenn er in seiner rückläufigen Bewegung bei der Sonne verschwindet, bisweilen als einen kleinen dunkeln, runden Fleck vor der Sonnenscheibe vorüber ziehen, was man einen Durchgang des Mercurs nennt.

Alles dieses zeigt offenbar: daß es wirklich nur ein und derselbe Körper sein kann, an dem wir die ebengedachten Erscheinungen wahrnehmen; daß dieser Körper, den wir eben Mercur nennen, ein dunkler, kugelförmiger Körper ist, der sein Licht von der Sonne empfängt, und um sie in einer kreisartigen Bahn, außerhalb deren Umfange sich unsere Erde befindet, herumläuft.

c) Venus. — Die unter b) gedachten Erscheinungen zeigen sich in ganz ähnlicher, aber viel augenfälligerer, Weise bei der Venus, von Alters her Morgen- und Abendstern (Lucifer, Hesperus) genannt. Ihre größte östliche oder westliche Elongation beträgt 45° bis 48°. Sieht man sie, nach mehrtägiger Unsichtbarkeit, zuerst des Morgens auf der westlichen Seite der Sonne, so zeigt sie sich im Fernrohr unter der Form einer hellen Sichel, deren convexe Seite der Sonne zugekehrt ist. Je weiter sie nach Westen fortrückt, desto langsamer wird ihre Bewegung und desto mehr nimmt der erleuchtete Theil zu,

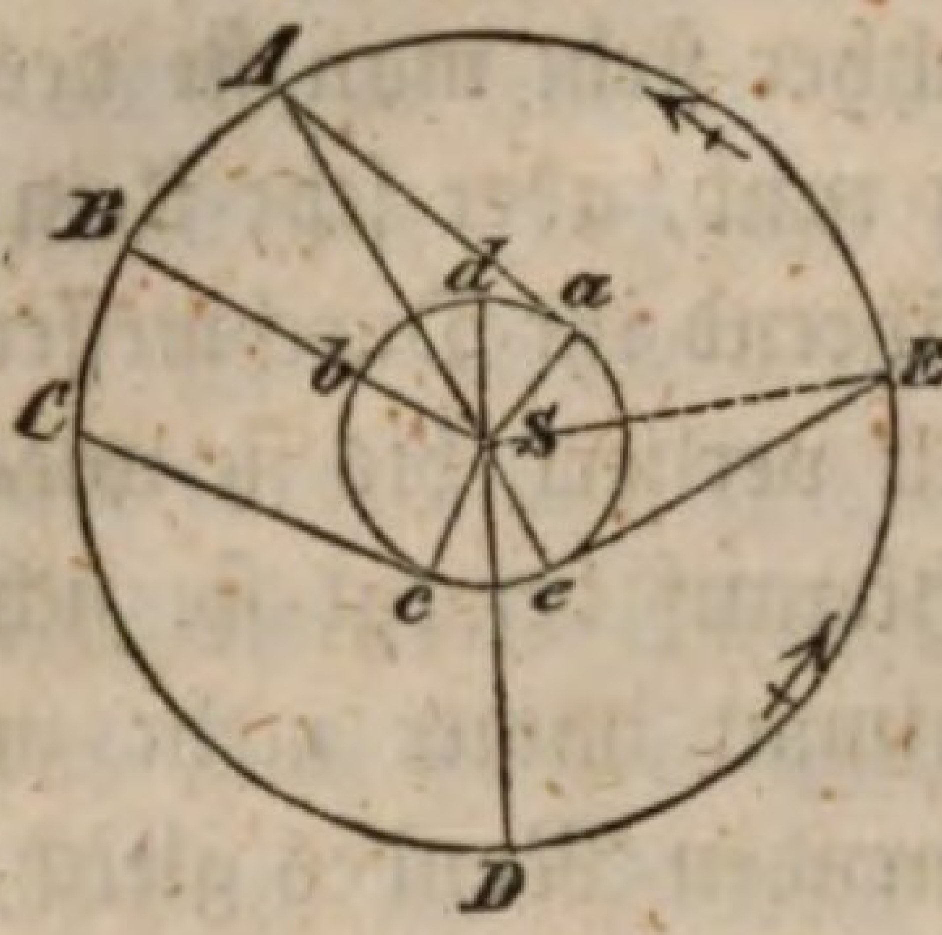
bis sie endlich zu dem Punkte der weitesten Elongation kommt, worin sie einige Zeit stehen bleibt und die Form eines erleuchteten Halbkreises hat. Hierauf bewegt sie sich wieder nach Osten mit allmälig zunehmender Geschwindigkeit, bis sie die Sonne erreicht hat. Einige Zeit nachher sieht man sie des Abends auf der östlichen Seite fast ganz rund, aber sehr klein. Sie setzt ihren Lauf nach Osten fort, während ihr Durchmesser zunimmt, sie selbst aber ihre runde Gestalt verliert, bis sie wieder die Form eines Halbkreises hat. Hierauf bewegt sie sich wieder nach Westen; ihr Durchmesser nimmt immer mehr zu und ihre Lichtgestalt wird der des abnehmenden Mondes gleich, bis sie abermals bei der Sonne verschwindet.

Hieraus, so wie aus dem, freilich viel seltener wie beim Mercur eintretenden, Ereignisse eines Durchganges durch die Sonnenscheibe, ist zu ersehen: daß auch hier ein und derselbe Körper die gedachten Erscheinungen darbietet; daß dieser Körper, die Venus, eine an sich dunkle, von der Sonne erleuchtete Kugel ist, die in einer, die Mercursbahn einschließenden, kreisförmigen Bahn um die Sonne, zwischen dieser und unserer Erde, sich bewegt.

d) Aus b. und c. ergiebt sich, daß bei dem Mercur und der Venus während ihres Umlaufs um die Sonne eine doppelte Conjunction, nämlich 1) eine untere, wenn sich diese Planeten zwischen der Erde und der Sonne befinden; 2) eine obere, wenn die Sonne zwischen ihnen und der Erde steht, Statt findet. — Von der unteren bis zu der oberen Conjunction nimmt der scheinbare Durchmesser beim Mercur von $12^1/_2''$ bis $4^1/_2''$, und bei der Venus von 64″ bis gegen 10″ ab, und umgekehrt. — Man kann alle die erwähnten Erscheinungen (bei ☿ und ♀) sich leicht versinnlichen, wenn man um einen Mittelpunkt, als Sonne, zwei Kreise zieht, und beide Planeten darin in verschiedenen Stellungen gegen einander, gegen die Sonne und die außerhalb des größern Kreises ge-

stellte Erde sich denkt, übrigens aber damit die oben beschriebenen Erscheinungen des Mondlaufs (§. 32. bis 34.) vergleicht.

Figur 23.



Die Zeit von einer untern Conjunction bis zur andern heißt die synodische Umlaufszeit; sie dauert beim Mercur 115 Tage 21 St., bei der Venus 1 Jahr 219 Tage. Die wirkliche, oder die siderische Umlaufszeit (vergl. §. 32., b.) hat man beim Mercur ziemlich 88 Tage, bei der Venus 224 Tage $16^{2}/_{3}$ St. gefunden. *)

Aus den beobachteten gegenseitigen Abständen und Stellungen beider Planeten zur Sonne u. s. w. hat man auch die verhältnißmäßigen (mittlern) Entfernungen des Mercur, der Venus und der Erde von der Sonne berechnet, und gefunden, daß, wenn man die mittlere Entfernung der Erde zur Einheit, oder = 1,000 annimmt,

die des Mercur 0,387 } beträgt. **)
die der Venus 0,723 }

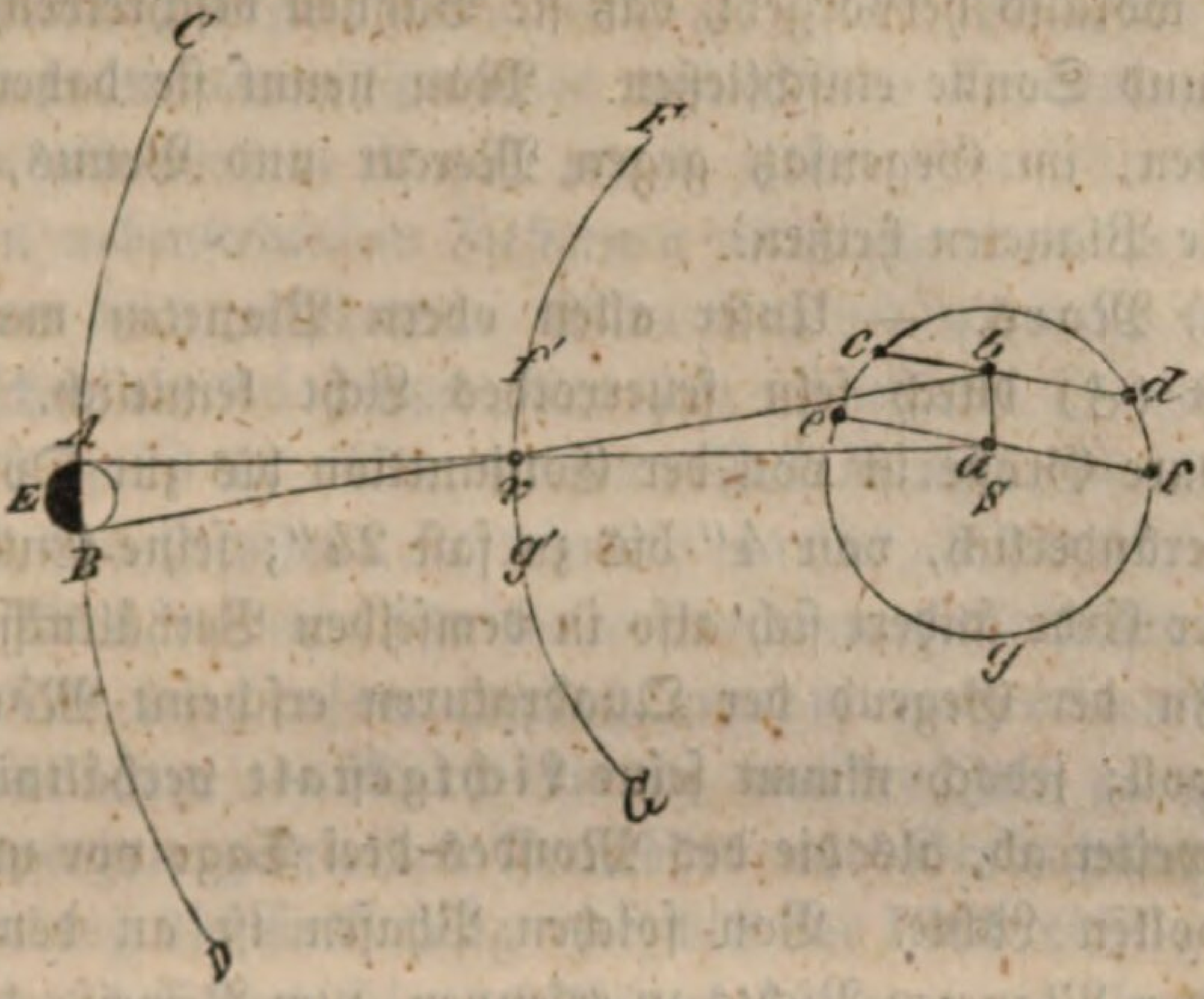
Endlich wollen wir

e) noch bemerken, daß während eines siderischen Umlaufs Mercur sich bis auf 7°, Venus bis 3° 20′ nördlich und süd-

*) Die Zeit eines synodischen Umlaufs, oder der Rückkehr des Planeten zur Conjunction, läßt sich, wie beim Monde (§. 33.) ohne große Schwierigkeit, hieraus aber nach einer leichten Rechnung der siderische, von dem periodischen wenig verschiedene (§. 32. Anm.) Umlauf finden. Wie jedoch jener auf eine einfachere Weise bestimmt werden könne, soll unten (§. 45. b.) erwähnt werden. — Ueber den leicht begreiflichen Grund des Unterschieds zwischen dem siderischen und dem synodischen Umlauf s. den Anhang (wozu obige Figur gehört).

**) Auch hiervon (wie die verhältnißmäßigen Abstände ꝛc. sich bestimmen lassen) wird im Anhange ein kurzer Begriff gegeben.

Figur 24 (zum Anhange unter III. gehörig).



lich von der Ekliptik entfernen, und in der Zwischenzeit zwischen der nördlichen und südlichen Entfernung, also in zwei einander gegenüber liegenden Punkten, dem auf- und dem niedersteigenden **Knoten**, durch die Ekliptik gehen, daß folglich ihre Bahnen gegen letztere eine **Neigung** von 7° und 3° 20′ haben.

§. 42. Obere Planeten.

Die Planeten, die wir nun zu betrachten haben, nehmen in Bezug auf die Sonne jeden Stand am Himmel ein; bisweilen stehen sie, wie ☿ und ♀, bei der Sonne, oder sind ihr nahe, zu andern Zeiten stehen sie ihr sogar gegenüber (so daß dann ihre Länge um 180° von der Länge der Sonne verschieden ist), treten also um Mitternacht in den Meridian und sind die ganze Nacht hindurch sichtbar. Es findet also bei ihnen (wie beim Monde) eine **Conjunction** und eine **Op-**

position (auch eine östliche und westliche Quadratur) Statt, woraus hervorgeht, daß sie Bahnen beschreiben, welche Erde und Sonne einschließen. Man nennt sie daher obere Planeten, im Gegensatz gegen Mercur und Venus, welche untere Planeten heißen.

a) Mars. — Unter allen obern Planeten macht sich Mars (♂) durch sein feuerrothes Licht kenntlich. Seine scheinbare Größe ist von der Conjunction bis zur Opposition sehr veränderlich, von 4″ bis zu fast 24″; seine Entfernung von der Erde ändert sich also in demselben Verhältnisse.

In der Gegend der Quadraturen erscheint Mars nicht ganz voll; jedoch nimmt seine Lichtgestalt verhältnißmäßig nicht weiter ab, als die des Mondes drei Tage vor und nach dem vollen Lichte. Von solchen Phasen ist an den weiter folgenden Planeten Nichts zu erkennen, zum Beweise, daß uns Mars viel näher steht, als diese Planeten, oder daß letztere in Bahnen laufen, deren Umfang und Durchmesser viel größer sind als der Bahnumfang ꝛc. des Mars.

Auch die hier angedeuteten und die ihnen ähnlichen Erscheinungen im Laufe der übrigen obern Planeten kann man sich nach dem Vorschlage unter d. §. 41. leicht versinnlichen.

b) Jupiter. — Jupiter (♃), nächst der Venus der glänzendste unter allen Planeten (er hat ein schönes, etwas gelbliches Licht), verändert seine Stelle am Himmel viel langsamer als Mars. Sein scheinbarer Durchmesser nimmt von der Opposition, wo er uns am nächsten, bis zur Conjunction, wo er am weitesten von uns steht, von 48″ bis etwa 30″ ab.

c) Saturn. — Saturn (♄) hat ein matt weißes, aber schwächeres Licht als Jupiter, und verändert seine Stelle am Himmel noch viel langsamer als dieser. Sein scheinbarer Durchmesser beträgt in der Opposition 20″, in der Conjunction nur 14 bis 15″.

d) Uranus. — Uranus (♅), erst im Jahre 1781 an seinem allmäligen Fortrücken von Herschel als Planet erkannt, hat nur einen schwachen und matten Schimmer, und ist daher mit bloßem Auge, zumal wenn man seine Stelle unter den nebenstehenden Firsternen nicht schon genau kennt, sehr schwer wahrzunehmen. Seine Ortsveränderung ist viel unmerklicher als bei Saturn, und sein scheinbarer Durchmesser nimmt ebenfalls in viel geringerm Verhältnisse als der des Saturns, des Jupiters ꝛc., nämlich von 4″, 3 bis 3″, 9 ab, — was Alles auf eine sehr weite Entfernung hindeutet.

e) Die in diesem Jahrhunderte entdeckten kleinen Planeten. — Durch die in neuester Zeit zu großer Vollkommenheit gebrachten Fernröhre und Beobachtungsmethoden gelang die Entdeckung vier, bis vor 1801 nicht gesehener, überaus kleiner Himmelskörper, die man an ihren Bewegungen im Thierkreise sehr bald für Planeten (man nannte sie Asteroiden) erkannte, welche ihren Lauf zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiters in sehr nahe gleichen mittlern Entfernungen von der Sonne, und in nicht sehr verschiedenen Umlaufszeiten um letztere (vergl. §. 43., d.) vollführen. Es sind folgende:

1. Ceres (⚳), von Piazzi in Palermo entdeckt den 1. Januar 1801.
2. Pallas (⚴), von Olbers in Bremen entdeckt den 28. März 1802.
3. Juno (⚵), von Harding in Lilienthal entdeckt den 1. September 1804.
4. Vesta (⚶), von Olbers in Bremen entdeckt den 29. März 1807.

Neuerdings hat man noch einen fünften Genossen für diese Classe planetarischer Körper (teleskopischer Planeten) aufgefunden (Hencke zu Driesen im Brandenburgischen hat am 8. December 1845 diesen glücklichen Fund gethan) und

Asträa genannt; es ist nicht unwahrscheinlich, daß deren noch mehrere vorhanden sind und mit der Zeit aufgefunden werden können.*) Da diese überaus kleinen Körper für die meisten Leser dieses Buches schwerlich ein Gegenstand eigener Beschauung und näherer Betrachtung werden sein können, so wird es genügen, weiterhin kurz anzuzeigen, was die Astronomen hinsichtlich ihrer Abstände, Umlaufszeiten u. s. w. bis jetzt berechnet und gefunden haben.

f) Höchst überraschend und für alle Zukunft denkwürdig ist die ganz kürzlich (den 23. Sept. 1846) erfolgte Entdeckung eines weit jenseits des Uranus um die Sonne laufenden Planeten (wir wollen ihn einstweilen den transuranischen Planeten nennen), indem derselbe von Dr. Galle, Assistenten auf der Berliner Sternwarte, lediglich auf eine von dem Pariser Astronomen Verrier ihm mitgetheilte, auf rein theoretische

*) Höchst wahrscheinlich ist die in neueren Zeiten aufgestellte Vermuthung, daß ganze Heereshaufen von Sternschnuppen nichts Anderes sind, als Schwärme von kleinen Körpern, die um die Sonne in wahrscheinlich elliptischen, einander, wie bei den Asteroiden, nahe liegenden und durchkreuzenden, Bahnen laufen, und von denen einige, wenn sie in die Atmosphäre unserer Erde gerathen, sich darin entzünden, und als Feuerkugeln sichtbar werden und niederfallen (Aërolithen; keinen Falls aus dem Monde gefallene Steine), andere, und zwar die allermeisten, unsern Dunstkreis unzerstört durchfliegen, um ihre Bahnen fortzusetzen. Diese kleinen, millionen- oder milliardenweise vergesellschafteten Massen scheinen die Erdbahn in gewissen Zeiten und Gegenden, wie z. B. vom 11. bis 14. November im 10ten bis 22sten° des Stieres, zu durchschneiden, wo sie uns dann eben sichtbar werden. Man sehe Alex. von Humboldt, Kosmos rc. Th. I. S. 120—142., und einen Aufsatz von Olbers in Schumacher's astron. Jahrb. für 1837., „die Sternschnuppen," wo man alles hierher Gehörige beisammenfindet; — ingl. Mädler's astron. Briefe Nr. XVI., S. 319 ff.

Die bis jetzt entdeckten Asteroiden mögen nur zu den größten und ansehnlichsten dieser zwischen Mars und Jupiter kreisenden Sternschnuppen-Aggregate gehören, und es ist wahrscheinlich, daß solche planetarische Sandwolken auch in den großen Räumen zwischen den übrigen, namentlich den obern, Planeten die Sonne umschwärmen.

(sehr tiefsinnige) Untersuchungen gegründete Berechnung, schon am ersten Abende der Mittheilung und fast genau an dem bezeichneten Orte (im Sternbilde des Wassermanns), als ein Stern 8. Größe aufgefunden ward. Näheres über diese (untrüglich gewisse) Entdeckung (interessante Notizen darüber finden sich in Nr. 174. der illustrirten Zeit. v. J. 1846.) wird die Folgezeit bringen. Doch ergiebt sich aus der Verrier'schen Berechnung schon so viel, daß dieser neue Planet in etwa 217 Jahren seinen Lauf um die Sonne vollendet (jährlich wenig mehr als 1¾ Grad im Thierkreise, nahe der Ekliptik, also 2½mal langsamer als Uranus, dessen scheinbarer Durchmesser nahe doppelt so groß ist, fortrückt); daß die halbe große Are seiner Bahn = 36,154 (vergl. §. 43.), oder etwa 747 Millionen geogr. Meilen (vergl. die Tabelle in §. 45.), und seine Excentricität etwa 0,1076 (vgl. Tab. in §. 65.) beträgt u. s. w.

§. 43. Unregelmäßigkeiten im Laufe der obern Planeten.

a) Wie die untern, so bieten auch die obern Planeten große Unregelmäßigkeiten in ihrem Laufe dar. Im Allgemeinen rücken alle, gleich der Sonne und dem Monde, von Abend nach Morgen fort, aber mit großer Verschiedenheit der mittlern Geschwindigkeit; alle machen, innerhalb gemessener Zeiten, einen vollständigen Umlauf am Himmel, alle sind, mit Ausnahme einiger der teleskopischen Planeten (§. 42., e.), in ihren Bahnen auf enge Grenzen zu beiden Seiten der Ekliptik (kurz auf den Thierkreis) beschränkt. In letzterer Beziehung haben die Beobachtungen ergeben, daß die größte nördliche und südliche Entfernung von der Ekliptik (von den Knotenpunkten aus ꝛc.; vergl. §. 41., e.), also auch die Neigung der Bahn gegen die Ebene der Ekliptik

bei Mars 1° 51′

— Jupiter 1° 19′

bei Saturn 2° 30′
— Uranus 0° 46′
— Vesta 7° 8′
— Ceres 10° 37′
— Juno 13° 4′
— Pallas 34° 36′
— Asträa 5° 20′

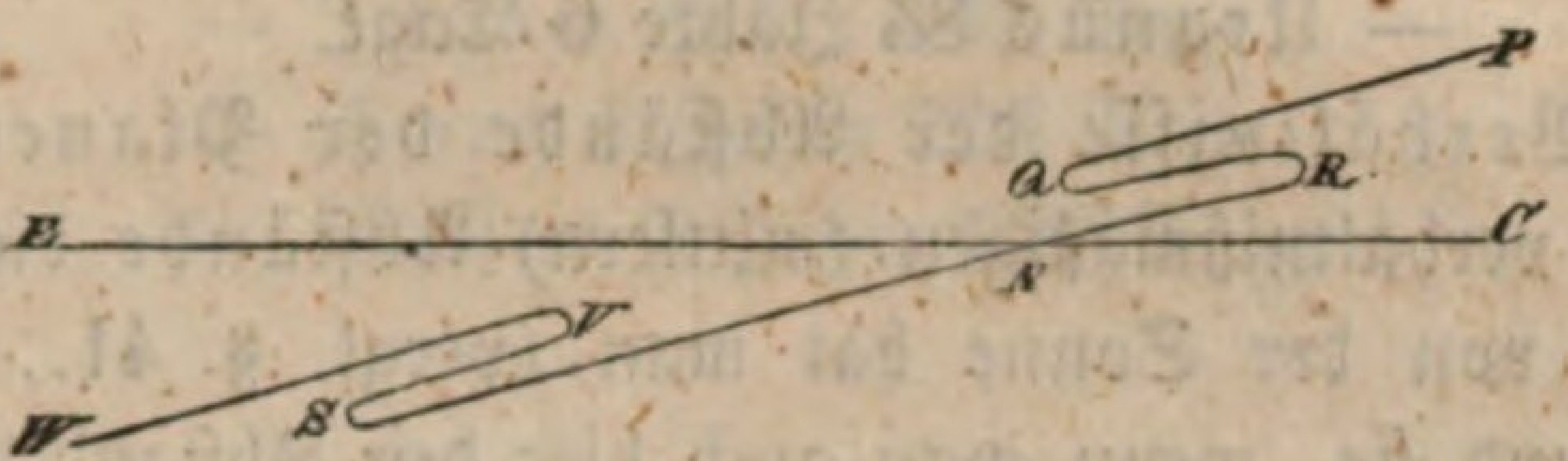
beträgt.

Da nun jene Bewegungen beinahe in der Ebene der Ekliptik, also in der Ebene, in welcher sich auch die Sonne (oder unsere eigene Erde) bewegt, vor sich gehen; so sehen wir sie (so zu sagen) nicht im Grundrisse, sondern im Durchschnitte, so daß alle wirklichen Winkelbewegungen und Abstände verkürzt und vermischt werden, während nur die Abweichung von der Ekliptik (die Breite der Planeten; §. 24., a.) in ihrer natürlichen Größe erscheint, ohne durch eine perspectivische Ansicht verkürzt zu werden.

b) Vor- und Rückwärtsgehen. — Wenn die scheinbaren Bewegungen der Sonne und des Mondes zwar auch nicht ganz gleichförmig sind (§. 27. und 36.), was sich jedoch aus der Ellipticität ihrer Bahnen erklären läßt (ebendas.), so verhält es sich mit den Planeten noch viel anders (vergl. §. 41.). Bisweilen rücken sie schnell fort; dann lassen sie in ihrer scheinbaren Geschwindigkeit nach, stehen endlich eine Zeit lang ganz still, kehren hierauf um und gehen ihren vorigen Weg wieder zurück mit einer erst wachsenden, dann abnehmenden Geschwindigkeit, bis die rückgängige (retrograde) Bewegung ganz aufhört. Ein neuer Stillstand tritt nun ein, worauf die Bewegung abermals umgekehrt (direct) wird u. s. w. — Die Zeit des Rückganges fällt in die Opposition, wo die retrograde Bewegung am schnellsten, die des Vorwärtsgehens in die Conjunction, wo der directe Lauf am schnellsten ist. Die dazwischen lie-

genden Punkte des Stillstandes und des schnellsten Rückganges liegen jedes Mal weiter nach Osten hin.

Figur 25.



Denkt man sich in Fig. 25. den Thierkreis zu beiden Seiten der Ekliptik CE in eine Ebene ausgebreitet, so wird der Weg eines Planeten, von Tag zu Tag den Beobachtungen gemäß verzeichnet, die Figur PQRSVW bilden, wo der Planet, dessen Bahn gegen die Ekliptik unter dem Winkel RNC = ENS geneigt ist, von P bis Q rechtläufig, in Q stillstehend, von da bis R rückläufig, in R wieder stillstehend, von R bis S rechtläufig u. s. w., im Ganzen aber im Thierkreise von P bis W vorwärts gehend ist.

c) Synodische und siderische Umläufe. — Die Zeit von einer Opposition bis zur andern, oder die synodische Umlaufszeit, dauert

bei Mars 2 Jahre 49 Tage,
— Jupiter 1 Jahr 34 Tage,
— Saturn 1 Jahr 13 Tage,
— Uranus 1 Jahr $4^1/_2$ Tage.

Der rückgängige Weg dieser Planeten zur Zeit der Opposition nimmt, vom Mars bis zum Uranus, ab, jedoch bei jedem in nicht immer sich gleichbleibendem Betrage an Zeit und Bogen; denn es kommen auf die retrograde Bewegung

bei Mars 11 bis $19^1/_2{}^0$ in 62 bis 81 Tagen,
— Jupiter etwa 10^0 in 117 bis 122 Tagen,
— Saturn gegen 7^0 in 135 bis 138 Tagen,
— Uranus etwa $3^1/_2{}^0$ in 150 bis 151 Tagen.

Die wahren, oder siderischen Umlaufszeiten betragen
bei Mars 1 Jahr 322 Tage,
— Jupiter 11 Jahre 315 Tage,
— Saturn 29 Jahre 167 Tage,
— Uranus 84 Jahre 6 Tage.

d) Verhältnisse der Abstände der Planeten. — Auch die verhältnißmäßigen (mittlern) Abstände dieser vier Planeten von der Sonne hat man (vergl. §. 41., d.) berechnet, und sie, wenn man auch hier den Abstand der Erde von der Sonne zur Einheit annimmt,

bei Mars = 1,524
— Jupiter = 5,203
— Saturn = 9,539
— Uranus = 19,182

gefunden. — Theilt man, um sich diese Verhältnisse sowohl bei den untern, als den obern Planeten in kleinern Zahlen zu veranschaulichen, den Abstand der Erde von der Sonne in 10 gleiche Theile, so verhalten sich diese Abstände (in runden, ungefähr zu treffenden) Zahlen bei Mercur bis Uranus, wie folgt:

☿	♀	Erde	♂	♃	♄	⛢
4	7	10	15	52	95	192.

In dieser Progression*) fällt sogleich die große Lücke zwischen Mars und Jupiter auf, und diese ist es, welche längst schon auf die Vermuthung führte, daß zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet vorhanden sein müsse, welche Vermuthung durch die Entdeckung der Ceres 2c. (§. 42., e.) bestätigt worden ist, indem den neuen Planeten Vesta, Asträa, Juno, Ceres, Pallas, wie man sehr bald berechnet hat, in vorstehender Reihe die Zahlen 24 bis 28 (oder in der obigen Reihe die Zahlen 2,361, 2,577, 2,669, 2,771, 2,773), als Abstände von der Sonne, zukommen, während, wie eben-

*) S. den Anhang.

falls bald gefunden worden ist, ihre Umlaufszeiten verhältnißmäßig zunehmen, nämlich:

bei Vesta 3 Jahre 230 Tage
— Asträa 4 Jahre 52 Tage
— Juno 4 Jahre 132 Tage
— Ceres 4 Jahre 224 Tage
— Pallas 5 Jahre 225 Tage

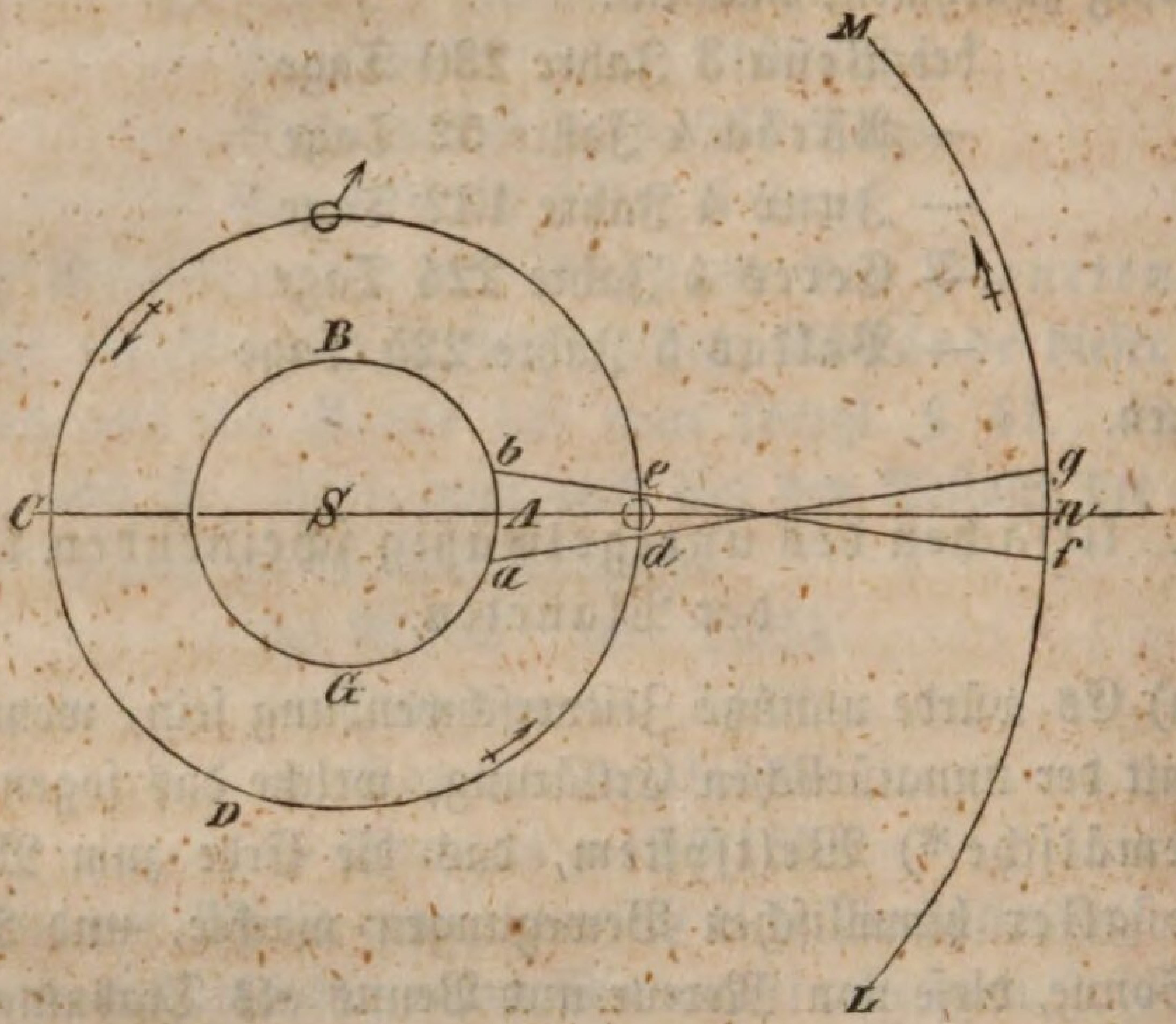
betragen.

§. 44. Ursachen des unregelmäßig scheinenden Laufs der Planeten.

a) Es würde unnütze Zeitverschwendung sein, wenn wir uns mit der unnatürlichen Erklärung, welche das sogenannte Ptolemäische*) Weltsystem, das die Erde zum Mittelpunkte aller himmlischen Bewegungen machte, und Mond und Sonne, diese von Mercur und Venus als Trabanten begleitet, sowie die Planeten Mars, Jupiter und Saturn um dieselbe ihre Bahnen beschreiben ließ, von der Verworrenheit des Planetenlaufs zu geben versuchte, beschäftigen wollten. Denn alle die namhaft gemachten, und andere Unregelmäßigkeiten erklären sich auf die leichteste und ungezwungenste Weise, wenn wir die Sonne als Centralkörper aller Planetenbahnen annehmen, und die Erde mit allen Planeten, als den dritten derselben (zwischen Venus und Mars), um sie ihren Lauf vollführen lassen, — welche Annahme schon aus manchen, bisher erklärten Umständen (man sehe insbesondere §. 31., b. und §. 40., f.) sich rechtfertigen läßt, weiterhin aber eine noch festere Begründung finden wird.

*) Dieses von Claudius Ptolemäus, einem Alexandrinischen Mathematiker um das Jahr 130 nach Christo, herrührende System ist in einem Werke, Almagest genannt, enthalten, das über 1400 Jahre lang die Hauptquelle gewesen ist, aus der die Welt ihre astronomischen Kenntnisse geschöpft hat.

Figur 26.



Ist in Fig. 26. der kleinere Kreis ABGA um die Sonne S die Erdbahn, und der größere die Marsbahn, so kommt Mars, wenn die Erde in A steht, bei O, zwischen d und e, in Opposition, bei C in Conjunction mit der Sonne. Ist die Erde einige Zeit vor der Opposition nach a, der langsamer laufende Mars nach d gekommen, so fällt die Gesichtslinie, von a über d bis an die Himmelssphäre LM verlängert, in den Punkt g, wo Mars rechtläufig angekommen ist. In der Opposition fällt die Gesichtslinie durch Sonne, Erde und Mars am Himmel nach n; Mars ist also hier um den Bogen gn zurückgegangen. Hat die Erde nach der Opposition den Punkt b ihrer Bahn, Mars den Punkt e erreicht, so fällt die Gesichtslinie durch be nach f; Mars ist also noch weiter zurückgegangen u. s. w.

Um die Zeit der Conjunction C des Mars rückt die Erde von A nach B, und Mars von C nach D hin, und es ist klar, daß bei dieser Richtung der beiderseitigen Bewegungen die

Gesichtslinie durch die beiden Planeten am Himmel vorwärts rückt, Mars also rechtläufig ist. Die Gegenden des scheinbaren Stillstehens und des fernern Rückwärtsgehens kann man leicht selbst finden.

Eben so leicht begreift man nun, warum der scheinbare Durchmesser des Mars von der Opposition bis zur Conjunction so auffällig (von 24″ bis zu 4″) ab-, und eben so umgekehrt zunimmt. Gar nicht begreiflich aber ist dieß, wenn man den Mars um die Erde laufen lassen will; denn wie lang gestreckt müßte dann dessen Bahn sein? wie auffällig sich diese von den Bahnen der Sonne und des Mondes unterscheiden, deren geringe Abweichung von der Kreisbahn durch eine eben so geringe Aenderung der scheinbaren Durchmesser (§. 27. und 36.) angedeutet wird? Lassen wir hingegen den Mars um die Sonne, wenn auch in einer nicht ganz kreisförmigen Bahn, sich bewegen, so wird der Wechsel der, von der Sonne aus gesehenen, scheinbaren Durchmesser nicht auffälliger sein, als der, welchen wir, von der Erde aus gesehen, bei Sonne und Mond wahrnehmen.

Alles Vorstehende läßt sich auch auf die übrigen Planeten (Jupiter ꝛc.) anwenden, obschon, nach Maaßgabe der Entfernungen und Umlaufszeiten, die Ergebnisse der Erklärung bei jedem Planeten etwas anders ausfallen müssen.

b) Allerdings bleiben noch Ungleichheiten übrig, die, wie z. B. die Ungleichförmigkeit der Bewegung an verschiedenen Stellen der Bahn, die Veränderlichkeit des Glanzes der Planeten und der scheinbaren Durchmesser zur Zeit der Opposition ꝛc., so wie der beim Rückgange beschriebenen Bogen u. s. w., durch die Erklärung unter a. nicht gehoben werden; aber diese werden sich, wie zum Theil bei der Sonne und dem Monde, ausgleichen lassen, wenn sich finden wird (unten, im IX. Abschnitt), daß jeder Planet in einer elliptischen

(excentrischen) Bahn, und nach den bereits oben (§. 28.) namhaft gemachten Gesetzen, um die Sonne einhergeht.

§. 45. Drittes Kepler'sches Gesetz. Wahre Abstände der Planeten.

a) Die Reihenfolge der Planeten (die Erde mit inbegriffen), wie wir sie bisher angenommen haben, findet, wie in andern schon dargelegten Umständen (§. 41. bis 43.) so namentlich in der Vergleichung der gefundenen verhältnißmäßigen Abstände mit den siderischen Umlaufszeiten ihre Bestätigung. Je größer die Entfernung und je umfänglicher die Bahn, desto größer ist augenscheinlich die Umlaufszeit. Die Aufeinanderfolge der Planeten, von der Sonne ausgegangen, ist dieselbe, man mag sie nach ihren Abständen, oder nach den Umlaufszeiten ordnen, nämlich

Mercur ☿, Venus ♀, Erde ♁, Mars ♂, die Asteroiden, Jupiter ♃, Saturn ♄, Uranus ⛢ (der transuranische Planet; §. 42., e. a. E.).

Betrachtet man aber die entsprechenden Zahlen genauer, so findet sich, daß beide Reihen (die der Abstände, und die der Umlaufszeiten) in keiner genauen Proportionalität stehen. Es wachsen nämlich die Umlaufszeiten schneller, als die Entfernungen. So betragen z. B. die Umlaufszeiten des Mercur und der Erde ungefähr 88 und 365 Tage, und verhalten sich also wie 1 zu 4,15; ihre Entfernungen hingegen (0,387 und 1,000; nach §. 41., d.) stehen in dem kleinern Verhältnisse 1 zu nahe 2,56., was sich auch bei jedem andern Beispiele bemerken läßt. Legt man nicht die Abstände, sondern deren Quadrate (Quadratzahlen) zu Grunde, so ist das Verhältniß der Zunahme der Umlaufszeiten kleiner, als das Verhältniß der Quadrate der Abstände; denn $2,56^2$, oder 2,56mal 2,56 ist 6,5536, also beträchtlich größer als 4,15. Das Verhältniß der Zeiten muß also größer als das einfache Verhältniß der

Entfernungen, aber kleiner als das Verhältniß ihrer Quadrate sein. Es war dem außerordentlichen Scharfsinne Kepler's (§. 28., a.) vorbehalten, das wirkliche Gesetz der Verbindung zwischen den Zeiten und den Entfernungen aufzusuchen, und nach jahrelangen, höchst mühseligen Forschungen und Rechnungen am 15. Mai 1618. auch wirklich zu finden.*) Es lautet so:

> die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel (Cubikzahlen) ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

Man nennt dieses, nachher auf alle Planeten angewendete und (später auch an den Trabanten des Jupiters rc.) vollkommen bestätigt gefundene, Verhältniß das dritte Kepler'sche Gesetz, und es ist mit demselben das Gesetzbuch des Reichs der Sonne vollendet.

Bleiben wir bei dem vorigen Beispiele stehen, so verhielten sich bei Mercur und Erde die Umlaufszeiten nahe wie 1 zu 4,15, und die Abstände von der Sonne wie nahe 1 zu 2,56. Da nun das Quadrat von 1 (oder 1 mal 1) = 1, und von 4,15 (oder 4,15 mal 4,15) = 172225, der Würfel aber (oder die dritte Potenz) von 2,56 (oder 2,56 mal 2,56 mal 2,56) = 16,777216 ist, so ist beinahe genau $1^2 : 4{,}15^2 = 1^3 : 2{,}56^3$. (Ein genaues Zusammentreffen findet bei diesem und jedem andern Beispiele, Statt, wenn es mit den zu Grunde liegenden Zahlen, wie sie der angestrengte Fleiß der Astronomen gefunden hat, genau genommen wird.)

Wir betrachten noch ein anderes Beispiel, das des Jupiters und der Erde. Die Umlaufszeit des Jupiters beträgt

---

*) Die großen Entdeckungen Kepler's finden sich hauptsächlich in dessen Werke: Astronomia nova, seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis etc. Pragae 1609. Fol.

fast $4332^2/_3$ Tage, die der Erde $365^1/_4$ Tage. Die Quadrate dieser Zahlen sind 18771422 und 133407, welche sich verhalten wie 140708 zu 1000. Die mittlern Entfernungen des Jupiters und der Erde verhalten sich (nach §. 43., d.) wie 5,203 zu 1,000; oder wie 51,03 (10,00 =) 10; davon sind die Würfel 140851 und 1000, welche sich nahe verhalten wie jene Quadrate.

b) Die siderischen Umlaufszeiten der Planeten lassen sich mit großer Sicherheit, unter andern durch die Zeit der Rückkehr eines Planeten zu demselben Knoten, ermitteln. Durch Beobachtung nämlich ist es leicht, den Punkt, wo und wann der Planet von der nördlichen zur südlichen Seite der Ekliptik (oder umgekehrt) übergeht, das heißt eben, seinen Knoten zu bestimmen. Wenn diese Beobachtung mehrmals wiederholt worden ist, so findet man allgemein, daß der Zeitraum, welcher zwischen zwei aufeinander folgenden Durchgängen durch denselben Knoten (☊ oder ☋) verfließt, immer gleich ist. Dieser Zeitraum mißt also einen wahren, vollständigen Umlauf des Planeten in seiner Bahn, oder er giebt die siderische Umlaufszeit.

Viel schwieriger ist es, die Abstände der Planeten von der Sonne, zumal (wegen der äußerst geringen Parallaxe) die der entferntern, mit aller Schärfe und Sicherheit zu bestimmen. Hier nun tritt das dritte Kepler'sche Gesetz ergänzend und vervollständigend ein, indem man vermittelst desselben aus den genau ermittelten Umlaufszeiten die verhältnißmäßigen Entfernungen aller Planeten auf die zuverlässigste Weise (wie sich auch an den neuentdeckten Planeten bewährt hat) herleitet. Hat man nun auf diese Weise die Verhältnisse der Umlaufszeiten und der Entfernungen kennen gelernt, so ist es, wenn man nur den Abstand eines einzigen Planeten, wie den der Erde, in Erdhalbmessern oder Meilen berechnet hat (§. 31., a.), ein leichtes Geschäft, auch die Abstände aller übrigen Planeten

nach demselben Maaßstabe zu berechnen, indem man z. B. bei der Erde und dem Jupiter setzt:

wie sich das Quadrat der Umlaufszeit der Erde zum Quadrat der Umlaufszeit des Jupiters verhält, so verhält sich der Cubus von 24000 Erdhalbmessern, oder von 20700000 Meilen (§. 31., a.) zur vierten Proportionalzahl,

deren Cubikwurzel in eben solchen Theilen den verhältnißmäßigen Abstand des Jupiters von der Sonne giebt.

Hiernach hat man folgende Tabelle (die nur in runden Zahlen das ungefähre Mittel aus den unter sich etwa abweichenden*) Berechnungen der Astronomen enthält) berechnen können:

Planeten.	Mittlerer Abstand der Planeten von der Sonne	
	in Erdhalbmessern.	in Millionen geograph. Meilen.
Mercur	9307,2	nahe 8,0 (d. h. 8 Mill. g. M.)
Venus	17335,2	— 14,9 (d. h. 14'900000 g. M. u. s. w.)
Erde	24083,6	— 20,7
Mars	36649,2	— 31,5
Vesta	56777,2	— 48,8
Asträa	61950,0	— 53,2
Juno	64223,4	— 55,2
Ceres	66550,3	— 57,2
Pallas	66666,7	— 57,3
Jupiter	125072,4	— 107,5
Saturn	229319,5	— 197,1
Uranus	461314,7	— 396,5

*) Solche Abweichungen (auch bei andern himmlischen Größen, z. B. den Bahnumfängen, Durchmessern der Himmelskörper in Meilen, bei Grad- und Zeitmessungen bis zu Hundert-, ja Tausendtheilen einer Secunde u. s. w.) dürfen uns in unserm Glauben an die Richtigkeit astronomi-

§. 46. Wahre Größen der Planeten.

Nicht nur die wahren Entfernungen der Planeten, sondern auch deren wahre Größen kennen zu lernen, bietet die Astronomie sichere Mittel dar.

a) Wir haben schon bei der Sonne gesehen (§. 31., a.), daß deren scheinbarer Durchmesser in der mittlern Entfernung 32′ 2′ = 1922″ beträgt, der Durchmesser der Erde aber auf der Sonne unter einem Winkel von etwa 17″ (als der doppelten Horizontalparallaxe der Sonne; ebendas.) erscheint. Wenn sich nun diese scheinbaren Durchmesser wie 1922 zu 17, oder nahe wie 112 zu 1 verhalten, so verhalten sich auch die wahren Durchmesser der Sonne und der Erde eben so gegen einander, woraus die bereits in §. 31., a. angegebenen Größen folgen. — Eine gleiche Berechnung findet bei dem Monde Statt (§. 30.).

b) Aus mikrometrischen Messungen kennt man die scheinbaren Durchmesser aller Planeten, oder die Winkel, unter welchen sie bei uns in ihrer größten Erdnähe gesehen werden. Hieraus hat man berechnet, wie groß diese Durchmesser erscheinen würden, wenn man den Abstand eines jeden Planeten auf die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne reducirt, oder sich vorstellt, daß alle Planeten in dieser Entfernung sich uns zeigen; was z. B. 6″, 8 bei Mercur, 16″, 9 bei Venus, 9″, 1 bei Mars, 3′ 8″ bei Jupiter zum scheinbaren Durchmesser giebt. Da sich nun die scheinbaren Größen

---

scher Messungen und Größen im Ganzen und Großen nicht irre machen. Wenn wir z. B. über die Parallaxe des Mondes (§. 30.) nur um eine Secunde ungewiß sind, so bleibt die Entfernung des Mondes von der Erde etwa um 13 Meilen, d. h. um 1/3800 seines ganzen Abstandes ungewiß. Dürften wir aber wohl behaupten, daß wir selbst irdische Distanzen, z. B. die Entfernung zwischen Paris und Petersburg, mit gleicher Genauigkeit kennen zu lernen im Stande sind?

umgekehrt wie die Entfernungen, deren Verhältnisse man kennt, verhalten; so hat man aus diesen scheinbaren Größen (Winkeln) und den Entfernungen trigonometrisch die wahren Größen der Planeten berechnet, wie sie die folgende Tafel enthält.

Planeten.	Durchmesser in geogr. Meilen.	Körperlicher Inhalt in Vergleich mit dem der Erde.
Mercur	671	1/17
Venus	1694	19/20
Erde	1719	1
Mars	892	1/7
Jupiter	19294	1414
Saturn	15507	735
Uranus	7466	82
Sonne	192492	1410000
Mond	470	1/49

Die Durchmesser der Asteroiden Vesta u. s. w. sind von fast unmeßbarer Kleinheit; jedoch scheint gewiß zu sein, daß diese Planeten (Planetoiden) alle bedeutend kleiner (Pallas wenigstens 30mal kleiner) sind als unser Mond.

Fünfter Abschnitt.

Die Trabanten oder Monde der Planeten. Der Ring des Saturns.

§. 47. Monde des Jupiters.

a) Bald nach Erfindung der Fernröhre (im J. 1609) entdeckte man beim Jupiter vier kleine Sterne (schon bei mittelmäßiger Vergrößerung sichtbar), welche man aus ihren

regelmäßig wiederkehrenden Stellungen für beständige Begleiter oder **Monde** (Trabanten, Satelliten) des Jupiters erkannte. Diese Körper erscheinen nämlich bald auf der östlichen, bald auf der westlichen Seite des als ansehnliche Scheibe zwischen ihnen prangenden Planeten, immer nahe auf einer geraden Linie, welche in der Ebene des Aequators des Planeten liegt ꝛc., was dem Beschauer einen überaus schönen Anblick darbietet. Auf der Westseite verschwinden sie oft plötzlich, ohne von dem Körper des Jupiters selbst verdeckt zu werden, und kommen eben so, nach bestimmten Zwischenzeiten, in einer kleinen Entfernung von dem Planeten wieder auf der Ostseite zum Vorschein, was nur davon herrühren kann, daß sie in den Schatten, welchen Jupiter hinter sich wirft, auf der Westseite ein-, und aus demselben, auf der Ostseite, wieder austreten, also **Finsternisse**, wie unser Erdmond, erleiden. Da die Neigung der Bahnen der drei ersten Trabanten gegen die Ebene des Jupiteräquators sehr gering, die des vierten etwas größer ist, so werden die drei ersten Satelliten, auch wegen ihrer großen Nähe beim Jupiter, bei jedem Umlaufe vom Schatten des Planeten verfinstert; der vierte aber kann auch zuweilen über oder unter dem Schatten weggehen, wird also nicht bei jedem seiner Umläufe verfinstert. — Die Satelliten verursachen auf dem Jupiter eben so häufige **Sonnenfinsternisse**, wenn sie zwischen ihm und der Sonne durchgehen, wo sie dann von uns als von Ost nach West vorüberziehende kleine schwarze Scheibchen gesehen werden. Die Trabanten selbst auch kann man durch gute Teleskope vor dem Jupiter sehen. Aus diesem Allen folgert man leicht selbst, daß Jupiter und seine Monde an sich dunkle, kugelförmige Körper sind, die ihr Licht von der Sonne empfangen.

b) Aus dem Eintreffen der Finsternisse der Jupitersmonde hat man ihre **periodischen** (von den synodischen wenig verschiedene) **Umlaufszeiten** hergeleitet. Sie sind folgende:

1. Trabant	1 Tag	18 St.	28 Min.
2. —	3 Tage	13 „	14 „
3. —	7 „	3 „	42 „
4. —	16 „	16 „	32 „

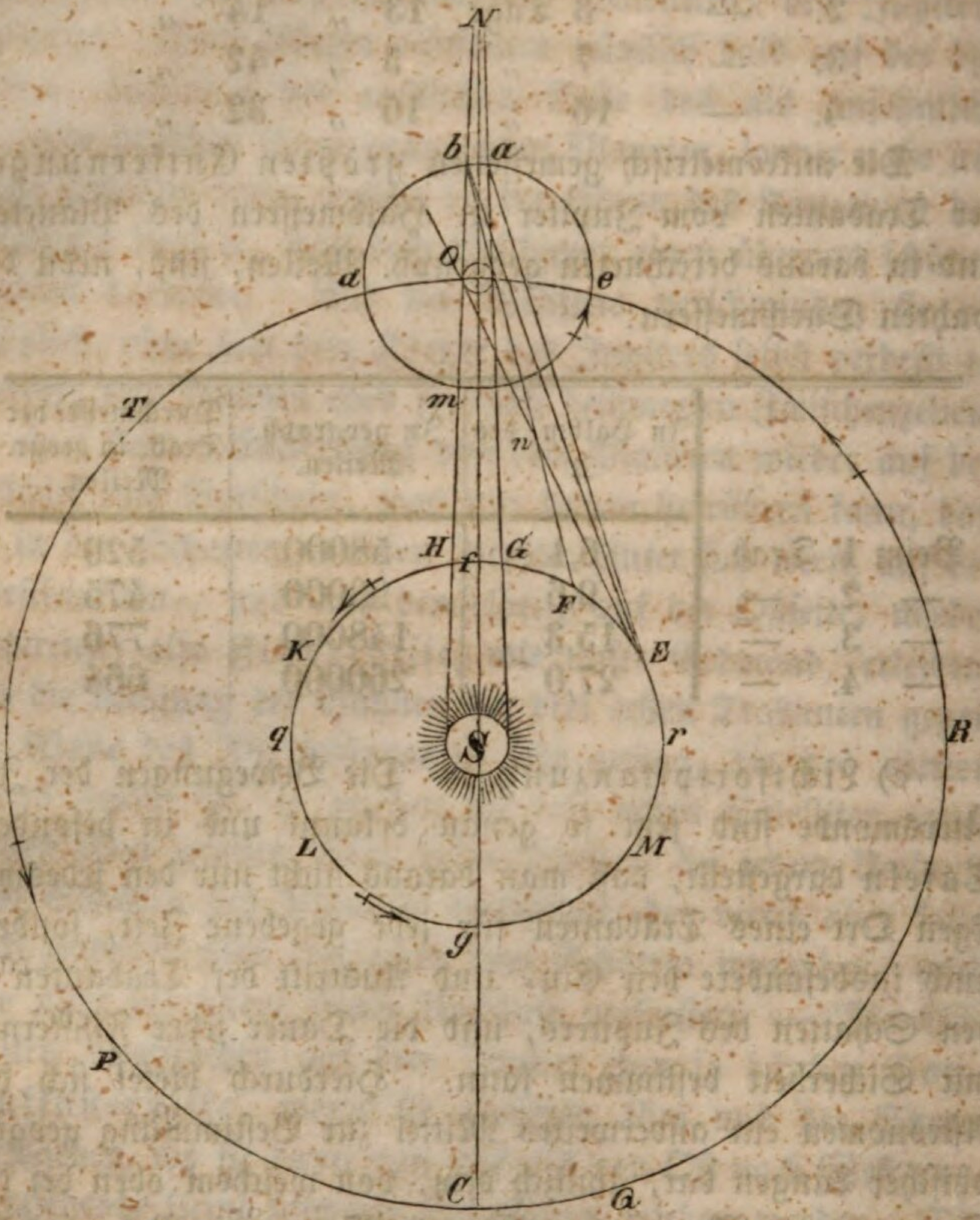
Die mikrometrisch gemessenen größten Entfernungen der Trabanten vom Jupiter in Halbmessern des Planeten, und in daraus berechneten geograph. Meilen, sind, nebst den wahren Durchmessern:

	In Halbm. des ♃	In geograph. Meilen.	Durchmesser der Trab. in geogr. Meilen.
Beim 1. Trab.	6,1	58000	529
— 2. —	9,6	93000	475
— 3. —	15,3	148000	776
— 4. —	27,0	260000	664

c) Lichtfortpflanzung. — Die Bewegungen der Jupitersmonde sind jetzt so genau bekannt und in besondern Tafeln dargestellt, daß man daraus nicht nur den jedesmaligen Ort eines Trabanten für jede gegebene Zeit, sondern auch insbesondere den Ein- und Austritt der Trabanten in den Schatten des Jupiters, und die Dauer jeder Finsterniß, mit Sicherheit bestimmen kann. Hierdurch bietet sich den Astronomen ein anderweites Mittel zur Bestimmung geographischer Längen dar, ähnlich dem, von welchem oben bei den Sonnen- und Mondfinsternissen (§. 37., e.) die Rede gewesen ist. — Besonders hervorheben müssen wir aber den Nutzen, den jene Finsternisse zur Bestimmung der Schnelligkeit der Lichtfortpflanzung gehabt haben.

1) Es sei (um zugleich zu näherer Erläuterung des oben unter a. Gesagten hier noch etwas beizufügen) in Fig. 27. S die Sonne, E die Erde in ihrer Bahn EGKLM, bei O der Jupiter in seiner Bahn PQRT, und ab ein Stück der Bahn

Figur 27.



a d n e eines Jupitermondes. Der Kernschattenkegel des Jupiters wird dann seine Spitze etwas über N hinaus in einem Punkte haben, der weit über die Bahnen aller Monde hinausreicht. Ein Mond, der sich von West nach Ost um den Jupiter bewegt, wird verfinstert, wenn er bei a in den Kernschatten tritt, ohne daß er, z. B. von E aus gesehen, von der Scheibe des Jupiters verdeckt wird.

Aus der Figur ist deutlich zu ersehen, daß die Verfinsterungen westlich vom Jupiter (zwischen n, e, a) eintreten, wenn die Erde westlich von der Linie CSO (zwischen gMEf), oder zwischen der Conjunction C und der Opposition O des Planeten steht, wo die Eintritte, wie bei a, nach der Gesichtslinie Ea, zum Theil auch die Austritte (wie in b, von E aus gesehen), zwischen Mitternacht und Morgen von uns beobachtet werden — östlich hingegen, wenn sich die Erde in der entgegengesetzten Hälfte ihrer Bahn befindet, also nach der Opposition Jupiters, wo uns fast nur die Austritte, zwischen Abend und Mitternacht, sichtbar sind. Wenn sich die Erde der Opposition nähert, so nähert sich die Gesichtslinie allmälig immer mehr der Richtung des Schattens, und der von uns aus gesehene Ort der Verfinsterung rückt der Scheibe des Planeten immer näher. Wenn die Erde nach F kommt, so berührt die Gesichtslinie Fb den Körper des Planeten; die Austritte, wie der bei b, werden daher aufhören sichtbar zu sein, und von da an, bis zu einem gleichen Abstande von der Opposition O auf der andern Seite, hinter der Scheibe des Planeten Statt finden. Wenn die Erde nach G oder H kommt, so wird der Ein- oder der Austritt gerade am Rande der uns sichtbaren Scheibe erfolgen, und wenn die Erde in dem, nur sehr kleinen, Raume zwischen G und H steht, werden die Monde hinter der Scheibe des Planeten hinweggehen, ohne daß ihre Verfinsterung von uns wahrgenommen wird. Bewegt sich der Mond von m nach n, so wird sein Schatten auf den Jupiter geworfen (wo er also eine Sonnenfinsterniß verursacht), und geht über diesen als ein kleiner schwarzer Fleck hinweg u. s. w.

2) Da die Erdbahn concentrisch mit der Jupitersbahn ist, und von dieser eingeschlossen wird; so verändert sich die gegenseitige Entfernung der Erde und des Jupiters beständig, und zwar von der Summe der Halbmesser beider Bahnen

(Sf+SC, wenn Jupiter in der Opposition ist) bis zum Unterschiede derselben (SC — Cg, in der Conjunction), so daß der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Entfernung beider Planeten von einander = fg, d. h. gleich dem ganzen Durchmesser der Erdbahn ist. Nun hat, als man von dem Laufe der Jupiterstrabanten schon unterrichtet genug war, um deren Verfinsterungen vorausbestimmen zu können, der dänische Astronom Olaus Römer zu Paris, im J. 1675, zuerst bemerkt, daß die Zeit der Ein- und Austritte, wie sie die Berechnung ergab, nicht mit der wirklich beobachteten Zeit zusammen stimme, eine Wahrnehmung, die sich bis auf den heutigen Tag bestätigt gefunden hat. Die Finsternisse treten nämlich um die Zeit der Opposition Jupiters, also wenn dieser der Erde in f am nächsten steht, früher ein, als nach einer durchschnittlichen Berechnung (wie sie namentlich in den Quadraturen r, q, wo die Erde zweimal jährlich ihren mittlern, zwischen ☍ und ☌ fallenden, Abstand vom Jupiter hat, gemacht sind) zu erwarten ist; wohingegen dieselben bis zur Zeit der Conjunction hin, wenn die Erde in f und Jupiter in C, also am weitesten von der Erde, steht, immer später sich ereignen. Der Zeitunterschied zwischen der Opposition und der Conjunction beträgt 16 Min. 26 Secunden. So viel Zeit braucht offenbar das Licht, um die große Strecke, welche dem Durchmesser der Erdbahn gleich ist, oder einen Weg von ungefähr 42 Millionen Meilen zurückzulegen. Denn wenn uns ein weit entferntes Licht nicht in demselben Augenblicke, wo es entsteht, sichtbar werden kann, so werden wir einen aus dem Schatten tretenden Jupiterstrabanten noch nicht sehen, ob er schon wieder von der Sonne erleuchtet ist, und auf der andern Seite werden die letzten Strahlen eines im Schatten verschwindenden Trabanten erst zu uns gelangen, wenn dieser schon einige Zeit verfinstert ist; welche Erklärung ebenfalls Römer (und mit ihm Cassini) zuerst gab.

Legt nun das Licht den Weg von 42 Mill. Meilen in 16 Min. 26 Sec. (oder in 986 Sec.), und den Halbmesser der Erdbahn = 21 Mill. Meilen in 8 Min. 13 Sec. zurück, so durchläuft es in einer Secunde gegen 42000 Meilen (fast 8mal den Umfang des Erdäquators). Da in eben der Zeit von 8 Min. 13 Sec. die Erde in ihrer Bahn den kleinen Bogen von 20″ beschreibt, der in Theilen des Halbmessers der Bahn etwa $^1/_{10313}$ beträgt, so verhält sich die Geschwindigkeit des Lichts zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn wie 10313 : 1.

d) Rotation der Monde. — Bei anhaltenden, mit sehr stark vergrößernden Teleskopen gemachten, Beobachtungen hat man gefunden, daß die Helligkeit der Jupitersmonde merklichen Veränderungen unterworfen ist, und daß diese periodisch wiederkehrenden Wechsel von den verschiedenen Stellungen der Trabanten gegen die Sonne abhängen. Daraus hat man, und zwar mit Grund, geschlossen, daß diese Monde (wie unser Erdmond; §. 35. a.) dem Jupiter immer dieselbe Seite zukehren, folglich während der Zeit eines periodischen Umlaufs sich einmal um ihre Axe drehen. Da Ebendasselbe (was wir hier im Voraus bemerken wollen) auch bei den Monden des Saturns und des Uranus wahrgenommen wird, so scheint die der Umlaufszeit gleiche Rotationsperiode ein Naturgesetz für alle Trabanten zu sein.

e) Noch merkwürdiger ist es, daß die Jupitersmonde (auch alle übrigen Trabanten oder Nebenplaneten), wie überhaupt in ihren Bewegungen die Kepler'schen Gesetze, so namentlich in Hinsicht auf die Umlaufszeiten um den Hauptplaneten und die mittlern Abstände von demselben das dritte Kepler'sche Gesetz (§. 45.) befolgen. Auch hier sehen wir offenbar die Wirkungen eines allgemeinen, in der Natur der Bewegungskräfte gegründeten, Gesetzes, welches näher kennen zu lernen (denn wir sind ihm schon bisher gewissermaßen auf

die Spur gekommen; §. 31., b., und §. 40.) wir spätern Erörterungen vorbehalten wollen. Nur so viel werde hier noch bemerkt, daß die oben unter c. erwähnten Tafeln durch die Anwendung der Kepler'schen Theorie, und der physischen Grundgesetze, auf denen diese, nach Newton, beruht, die Vollkommenheit erlangt haben, zu denen sie (wie alle übrigen astronomischen Tafeln) bis jetzt gebracht worden sind.

§. 48. Monde des Saturns und des Uranus.

Auch Saturn und Uranus werden auf ihren weiten Bahnen von Monden begleitet, die aber weit schwerer als die Jupiterstrabanten zu beobachten, und daher zum Theil auch viel später (seit 1787 von Herschel) entdeckt worden sind. Was man von ihrer Anzahl und ihren Bewegungen rc. bis jetzt weiß und erforscht zu haben glaubt, ist in der Hauptsache Folgendes:

a) Saturn hat 7 Monde, von denen der entfernteste bei weitem der größte, und wahrscheinlich nicht viel kleiner als der Mars ist. Seine Bahn ist gegen die Bahnen der übrigen Trabanten, welche fast in eine Ebene, nämlich in die erweiterte Aequatorebene des Planeten, fallen, stark geneigt, und er ist es auch, an dem sich das oben (§. 47., d.) gedachte Rotationsgesetz, sowie die Kepler'schen Gesetze am deutlichsten bestätigt finden. Der sechste Mond ist noch ziemlich gut zu erkennen; die drei folgenden sind schon viel kleiner und nur bei sehr starker teleskopischer Vergrößerung aufzufinden; die beiden innersten endlich sind so lichtschwach, daß sie nur durch die allerstärksten unserer bisherigen Teleskope haben wahrgenommen werden können. — Ihre Umlaufszeiten und mittlern Abstände von Saturns Mittelpunkte, letztere in Halbmessern des Planeten, sind, nach den wahrscheinlichsten Berechnungen, diese:

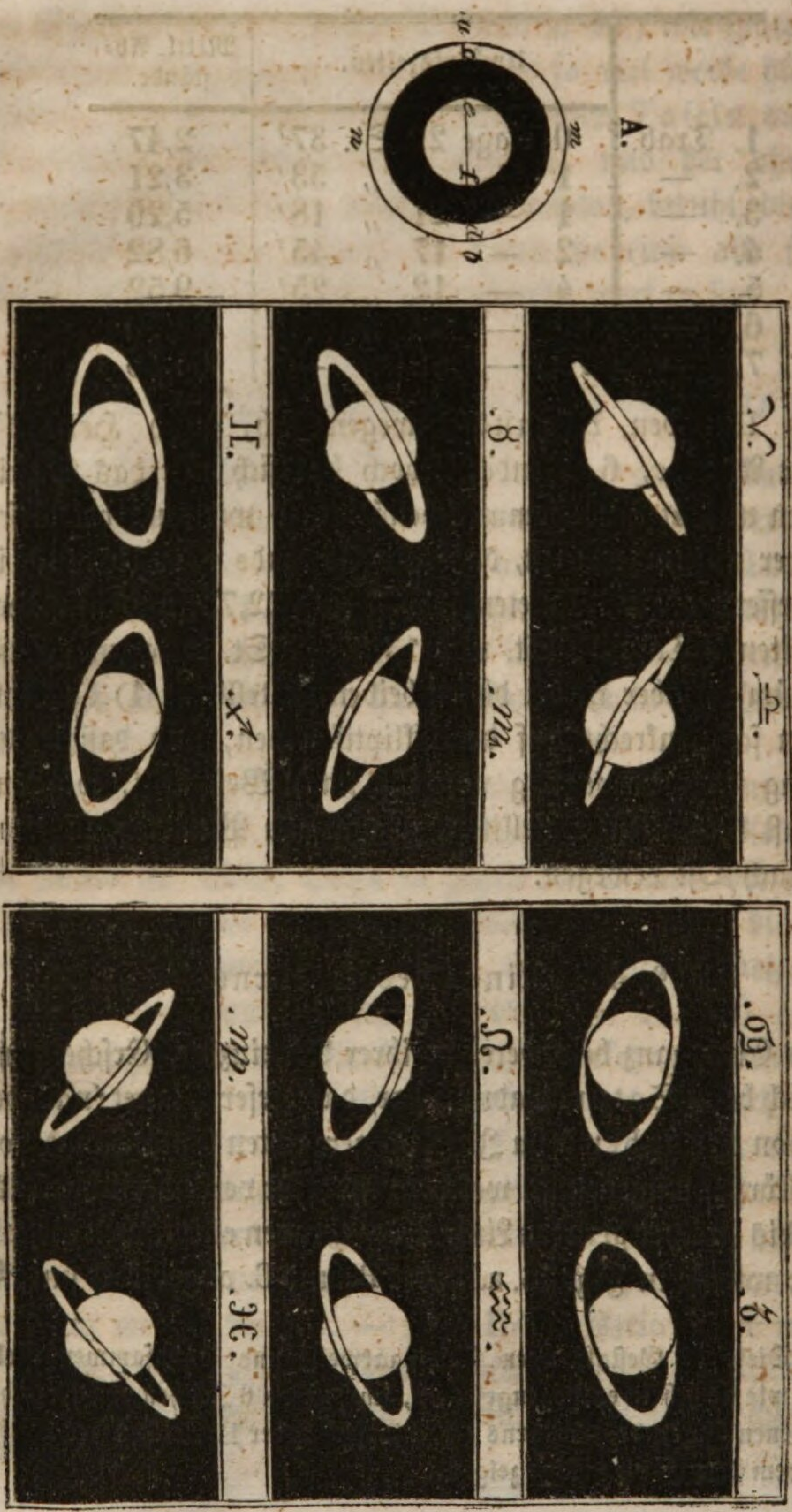
	Umlaufszeiten.	Mittl. Abstände.
1. Trab.	0 Tage 22 St. 37′	2,47
2. —	1 — 8 „ 53′	3,21
3. —	1 — 21 „ 18′	5,29
4. —	2 — 17 „ 45′	6,82
5. —	4 — 12 „ 25′	9,52
6. —	15 — 22 „ 42′	20,70
7. —	79 — 8 „ —	64,36

b) Um den Uranus bewegen sich, nach Herschel's früherer Angabe, 6 Monde; jedoch hat sich nur das Dasein des 2ten und 4ten vollkommen bestätigt, so wie auch bei diesen als sicher anzunehmen ist, daß ihre Abstände vom Uranus, in Halbmessern dieses Planeten, 17,03 und 22,75, und ihre Umlaufszeiten 8 Tage 17 St. und 13 T. 11 St. betragen. Ganz eigenthümlich aber ist bei diesen beiden Satelliten: 1) daß ihre Bahnen fast senkrecht auf der Ekliptik stehen, und daß 2) die Richtung ihrer Bewegung von Ost nach West geht, während alle sonst bekannten Satelliten, so wie alle Planeten, sich von West nach Ost bewegen.

§. 49. Ringe des Saturns.

a) Eine ganz besondere, in ihrer Art einzige, Erscheinung bietet sich beim Saturn dadurch dar, daß dieser Planet (nach der zuerst von Huyghens im J. 1660 gemachten Entdeckung) von einem Körper umgeben ist, welcher unter sehr veränderlichen, bisweilen bis zu einer geraden Linie übergehenden elliptischen Gestaltungen, wie sie in Fig. 28. a. unter B. und C. abgebildet sind, *)

*) Diese 12 Gestaltungen sind paarweise und so zusammengestellt worden, wie sie sich in entgegengesetzten, immer um 6 Zeichen von einander verschiedenen Lagen des Saturns (also in jedem der 12 Zeichen des Thierkreises) dem bewaffneten Auge zeigen.



Figur 28. a.

sich dem gut bewaffneten Auge darstellt. Diese wechselnden Gestaltungen erklären sich, wie die nun fast 200jährigen Beobachtungen bestätigen, vollkommen durch die Annahmen:

1) daß den Saturn ein platter ringförmiger, rund herum gleichweit von dessen Centrum entfernter Körper umgiebt, der sich, wenn wir ihn aus einem fernen, senkrecht über dem Mittelpunkte seiner Fläche liegenden Orte betrachten könnten, uns in der Gestalt wie in der Fig. 28. a. unter A. (wo e f der Durchmesser des Saturns, a m b n der Ring, c e und d f der leere Raum zwischen dem Planeten und dem Ringe ist) darstellen würde;

2) daß der Ring, wie der Aequator des Planeten selbst, eine gegen die Ekliptik (oder die Fläche der Erdbahn) und gegen unser Auge schräge Lage, nämlich eine Neigung von etwa $28^1/_2{}^0$ (die Axe des Ringes also eine Neigung von $61^1/_2{}^0$ gegen die Ekliptik) hat, und uns daher nicht als kreisrund erscheinen kann;

3) daß diese Lage während des ganzen, fast 30jährigen, Umlaufs des Saturns um die Sonne sich nicht ändert, oder daß die Axe des Ringes (wie die des Saturns selbst) während dieser Zeit eine mit sich selbst parallele Richtung beibehält, daß also auch die Knotenlinie des Ringes immer nach denselben Punkten des Thierkreises, nach 16° ♓ und 16° ♍ (in den Sternbildern des Wassermanns und des Löwen), hingerichtet bleibt.

b) Wenn nun Saturn in den Punkten, wo die Ebene seines Ringes die Ebene der Ekliptik schneidet, also in 16° ♓ und 16° ♍ steht, so geht die erweiterte Ringebene durch die Sonne, welche dann nur seinen (sehr dünnen) Rand erleuchtet; und da zu diesen Zeitpunkten die Erde, wegen der Kleinheit ihrer Bahn in Vergleich mit dem großen Umfange der Saturnsbahn, nicht weit von der Ringebene entfernt ist, jedenfalls aber kurz vor, oder kurz nach gedachten Zeitpunkten,

selbst durch diese Ebene gehen muß, so erscheint der Ring alsdann so zur geraden, quer über die Scheibe des Planeten gehenden und auf jeder Seite über dieselbe hinausreichenden, Linie zusammengezogen, daß er in dieser Lage verschwindet, oder nur durch Fernröhre von außerordentlicher Stärke (als die zarteste, feinste Linie) sichtbar bleiben kann, — welche merkwürdige Erscheinung alle 15 Jahre eintritt. Wenn Saturn darauf weiter im ♈ vorrückt, so fängt der Ring an sichtbar zu werden; der gegen die Sonne und Erde gekehrte Theil desselben erhebt sich nordwärts oder über den Mittelpunkt des Planeten, und der Ring wird eine Ellipse, welche sich immer mehr erweitert, bis Saturn in 16° ♉ kommt. Hier (im Sternbilde des Stiers) erscheint der Ring in seiner größten Breite, oder Oeffnung. Von da nimmt die Breite desselben durch die Zeichen ♋, ♌ und ♍ immer mehr ab, bis hier der Ring zum zweitenmal für uns unsichtbar zu werden anfängt. Kommt Saturn bis in ♎, so fängt der vordere Theil des Ringes an, sich unterwärts unter den Mittelpunkt des Saturns zu neigen, und er wird nach und nach wieder sichtbar. Diese Neigung nimmt zu, bis Saturn 16° ♐ erreicht, wo sie abermals (im Sternbilde des Scorpions) am größten und der Ring am weitesten offen erscheint. Endlich nimmt von da die Oeffnung wieder ab, bis Saturn zu 16° ♓ zurückgekehrt ist, und der Ring abermals für unser Auge unsichtbar wird.*) Dieses

---

*) Im Allgemeinen wird man sich alle diese Erscheinungen sehr gut versinnlichen können, wenn man sich eine Vorrichtung wie in Figur 28. b., wo die Saturnskugel mit dem, durch ein paar schwache Stifte an dieser festgehaltenen, Ringe **RS** an einer unter dem gehörigen Winkel msn geneigten Axe sn angebracht ist, und vermittelst des Theiles mr von einem viereckigen hölzernen Untersatze vw getragen wird, verfertigen läßt. Stellt man nun diese Vorrichtung auf einem viereckigen Tische in dem Umfange eines mit Kreide gezeichneten und in 12 Theile (die Zeichen des Thierkreises) getheilten Kreises, in dessen Mittelpunkte ein, die Sonne vorstellendes Licht,

Verschwinden geschieht zunächst im Jahre **1848**, wo die bis dahin erleuchtete nördliche Fläche des Ringes unsichtbar, und

---

Figur 28. b.

oder eine Lampe brennt, dessen (deren) Flamme mit dem Mittelpunkte des Saturns gleiche Höhe hat, so auf, daß der mit der Axe verbundene Theil ms genau mit der einen Seite des Tisches parallel läuft; führt man nun ferner den Untersatz in dem gezogenen Kreise so herum, daß ms derselben Seite des Tisches immer parallel bleibt; hält man endlich in den verschiedenen Punkten des Kreises, in die man nach und nach den Saturn bringt, ein feines, weißes Papier hinter den Saturn, das dessen und des Ringes Schatten auffängt: so wird man alle die beschriebenen und in Fig. 28. a. unt. **B** u. **C** abgebildeten Gestaltungen des Ringes deutlich entstehen und mit einander abwechseln sehen. — Zieht man noch innerhalb des gezeichneten Kreises einen verhältnißmäßig kleinern, die Erdbahn vorstellenden, Kreis, und stellt in diesem, in gleicher Höhe mit den Mittelpunkten der Flamme und des Saturns, ein kleines Kügelchen, als Erde, auf, so wird man, indem man auch dieses verhältnißmäßig stellt oder fortrückt, und immer von da aus nach dem Saturn hinsieht, von allen jenen Erscheinungen, namentlich auch von dem auf der nördlichen und südlichen Fläche des Ringes alle 15 Jahre vorgehenden Erleuchtungswechsel, und von der Verschiedenheit und Größe des Schattens, den Saturn auf den Ring und der Ring auf den Saturn wirft, sich die anschaulichste Vorstellung machen. Die Besitzer des mit meinem Tellurium verbundenen Planetariums werden freilich zu dieser Vorstellung noch bequemer und vollständiger gelangen; man s. „das veranschaulichte Weltsystem ꝛc." S. 70. ff. und die „Erläuterungen ꝛc." S. 68 ff.

dann die erleuchtete südliche Fläche auf 15 Jahre für uns wieder sichtbar werden wird.

c) Der Ring ist unstreitig ein fester, wie der Saturn von der Sonne erleuchteter Körper, und, wie bei sehr starken Vergrößerungen deutlich wahrgenommen wird, aus zwei (vielleicht noch mehreren) concentrischen Ringen zusammen gesetzt (s. Fig. auf Taf. unter IX. 4., wo zugleich zu ersehen ist, wie der Ring von dem Körper des Planeten beschattet wird, zum Beweise, daß er selbst eine feste, dunkle Masse ist). Fassen wir ihn jedoch hier als ein Ganzes auf, so sind die, aus sorgfältigen Messungen desselben sich ergebenden, Dimensionen desselben diese:

Die Breite ac, db des Ringes (Fig. 28. a. unter A.) und der Abstand seiner innern Kanten c, d von Saturns Oberfläche e, f verhalten sich zum Halbmesser des Saturns (§. 46.) wie 78 und 56 zu 100. — In geograph. Meilen mag, nach einigen Berechnungen, die Breite des Ringes 6678
der Abstand desselben vom Saturn 4142
der ganze Durchmesser ab 38286
die Dicke des Ringes aber (nach Herschel) kaum 30 Meilen (nach Andern gegen 100 Meilen) betragen.

Mögen diese Angaben auch nicht ganz zuverlässig sein, so viel ist gewiß, daß der Ring (oder der Gesammtverein von Ringen) ein ungeheures, aus compacten Stoffen bestehendes, Gewölbe bildet, dessen äußerer Umfang bis 120000 Meilen beträgt. Wenn auch die Theile desselben durch ihren gegenseitigen Druck, vermöge der Schwere gegen den Planeten, sich halten, so wird doch noch ein Mittel vorhanden sein müssen, das Gewicht gegen den Saturn zu vermindern und das Zusammenstürzen zu hindern. Hiervon weiter unten §. 52., f.

Sechster Abschnitt.

Physische Merkwürdigkeiten der Sonne, des Mondes und der Planeten. Axendrehung dieser Körper.

§. 50. Die Sonne.

Die teleskopischen Beobachtungen haben über die physische Beschaffenheit der bisher betrachteten, offenbar zu einem zusammenhängenden Ganzen, dem sogenannten Sonnen- oder Planetensysteme, vereinigten Himmelskörper (von denen also die Fixsterne ausgeschlossen sind) überaus merkwürdige Aufschlüsse gegeben. Hiervon soll nun, dem Zwecke dieses Buches gemäß, nur das Wichtigste, insbesondere das, was zu näherer Kenntniß der Bewegungen jener Körper geführt hat, kurz angedeutet werden.*)

a) Die Sonne, diese unerschöpfliche Quelle des Lichts und der Wärme für das ganze Sonnensystem, wird an ihrem Umfange immer scharf begrenzt gesehen, und kann daher kein mit gewöhnlichem Feuer brennender Körper sein, was auch längst zu einer, bis jetzt nicht wahrnehmbar gewesenen, Ver-

*) Eine höchst schätzbare und vollständige Zusammenstellung alles dessen, was wir bis jetzt über die besondere physische Beschaffenheit jedes Weltkörpers durch Beobachtungen wissen und weiter aus diesen folgern können, enthält Mädler's popul. Astron. im 6ten Abschnitte, und dessen neuere Schrift: „Astronomische Briefe," Mitau 1846. Auch Littrow's Wunder des Himmels ꝛc. sind in diesem Betracht sehr lehrreich. Was solche Männer, als wahre Fachkenner und selbstständige Beobachter, in beregter Beziehung beibringen (vergl. Mädler's Erklärung hierüber in den ebengedachten astron. Briefen, Abschn. XIV. S. 229 ff.), muß hoch über das gestellt werden, was so manche populäre Schriften, ohne scharfe Sonderung des Wahrscheinlichen von dem Erweislichen oder wirklich Erwiesenen, in reicher Ausschmückung des durch Beobachtung Ermittelten, oder daraus behutsam Gefolgerten, ihren Lesern vorführen.

minderung ihres Volumens geführt haben würde. Ein Centralkörper, wie die Sonne, der vielen andern Weltkörpern Erleuchtung und Erwärmung gewähren, und mit seiner erleuchtenden und erwärmenden Kraft in unermeßliche Fernen hinwirken soll, wird wohl von ganz eigenthümlicher Natur und Beschaffenheit sein, und diese gewissermaßen zu errathen, scheinen wir durch folgende Wahrnehmungen aufgefordert zu werden:

b) Sonnenflecken und Sonnenfackeln. — Man sieht auf der Sonne öfters einzelne, oder gleichzeitig mehrere, völlig schwarze Flecken von verschiedener Form und Größe (wie in Taf. unter IX., 2.), häufig auch gruppenweise beisammen, gewöhnlich von einem blassen Nebel, wie von einem Halbschatten, umgeben, einige längere, andere kürzere Zeit ausdauernd, viele an Größe und Form sich verändernd. Manche dieser Flecken und Fleckengruppen dehnen sich auf viele tausend Meilen aus (denn eine einzige mikrometrisch auf der Sonnenscheibe gemessene Secunde beträgt 98 deutsche Meilen) und nehmen einen überaus großen Quadratraum ein. — Außerdem zeigen sich auf oft sehr großen Strecken der Sonnenoberfläche wellenförmige Streifen, die heller als der übrige Theil der Oberfläche sind, und Sonnenfackeln genannt werden.

Diese Erscheinungen deuten darauf hin, daß die Sonne ein an sich dunkler, fester Körper ist, welcher von zwei Atmosphären umgeben wird, wovon die eine (der Sonne nähere) dichter und lichtlos, die andere selbstleuchtend (eine Photosphäre) ist. Entstehen in diesen Umhüllungen durch uns unbekannte Ursachen Lücken oder Oeffnungen, so sehen wir durch diese hindurch den dunkeln Grund der Sonne; und diese schwarzen Stellen sind die Sonnenflecken. Der um letztere liegende Halbschatten ist, bei dieser Erklärung, die Grenze der dunkeln Atmosphäre, deren Oeffnungen nicht so weit ausgeschweift sind, als die der Photosphäre, und welche

um die Oeffnung herum sichtbar ist, die uns den Kern der Sonne sichtbar macht. Die Sonnenfackeln sind vielleicht Verdünnungen in der untern Atmosphäre, oder Mischungen derselben mit der sie zunächst umgebenden Lichtsphäre; vielleicht auch wellenartige Bewegungen (heftige Schwankungen und Fluthungen) in den leuchtenden Schichten der Sonnenatmosphäre. Es ist möglich, daß auf dem Sonnenkörper ein hoher Grad von Helligkeit und Hitze herrscht; es ist aber auch denkbar, daß die Wolkendecken in der untern Atmosphäre das Licht in gemäßigtem Glanze auf die Oberfläche der Sonne gelangen lassen und diese gegen gluterregende Ausstrahlungen der Lichtmaterie der Photosphäre vollkommen schützen.

c) Die Lichtausstrahlung der Sonne ist vermuthlich keine wahre Emanation, vermöge der die Sonne, wie andere leuchtende Körper, die feinen Theilchen ihrer leuchtenden Substanz unaufhörlich und mit außerordentlicher Geschwindigkeit aussenden würde. Viel wahrscheinlicher finden jetzt fast alle Physiker die Annahme, daß die Erscheinungen des Sonnenlichtes durch die, von diesem angeregten, Schwingungen (Undulationen) einer durch den ganzen Weltraum verbreiteten feinen Flüssigkeit, Aether genannt, hervorgebracht werden; welche Annahme man das Undulations- oder Vibrationssystem, im Gegensatze des Emanationssystems, nennt. Jenes erstere System macht es gar wohl begreiflich, wie ein Körper ununterbrochen und nach allen Seiten hin Licht verbreiten kann, ohne etwas von seiner Größe und seiner Lichtstärke zu verlieren.

d) Zodiacallicht. — Das Thierkreis-, oder sogenannte Zodiacallicht scheint ganz mit der eben erklärten Naturbeschaffenheit der Sonne zusammenzuhängen. Es zeigt sich im Frühjahre bald nach, und im Herbste vor Sonnenaufgang als ein blasser, dem Lichte der Milchstraße ähnlicher, Schimmer, der sich als ein lanzenförmiger Schein von der

Sonne aus schräg aufwärts, zuletzt spitz auslaufend, erstreckt und in seiner ganzen Ausdehnung der Richtung der Ekliptik, oder vielmehr der erweiterten Ebene des Sonnenäquators (s. e.) folgt. Dieses Licht ist offenbar von der Natur einer sehr dünnen Atmosphäre, die die Sonne umgiebt, und vermöge der großen Rotationsgeschwindigkeit des Sonnenäquators in der Richtung dieses letztern sich linsenförmig weit hin ausbreitet, und sich wenigstens über die Bahn des Mercurs, vielleicht noch über die der Venus hin, erstreckt.

e) Rotation der Sonne. — Der Beobachtung der Sonnenflecken verdankt die Astronomie die Entdeckung der Axenumdrehung der Sonne; wie schon oben (§. 31., b.) angezeigt worden ist. Von den beobachteten Flecken rücken nämlich diejenigen, welche längere Zeit ausdauern, vom östlichen zum westlichen Sonnenrande (sind mehrere zugleich über oder unter einander sichtbar, in parallelen Richtungen) binnen 12 Tagen 18 St. fort, kommen nach einer ganz gleichen Zeit am östlichen Rande wieder zum Vorschein und erneuern dieselbe Bewegung. Hieraus ergiebt sich nun ganz offenbar, daß sich die Sonne in der Zeit von 25 Tag. 12 St. von Abend nach Morgen um eine, und zwar, wie man aus der Richtung der Bewegung der Flecken schließen kann, unter einem Winkel von $82^1/_2{}^0$ gegen die Ekliptik (die Erdbahn) geneigte Axe dreht, woraus zugleich folgt, daß auch der Aequator der Sonne mit der Ekliptik nicht zusammenfällt, sondern mit derselben einen Winkel von $7^1/_2{}^0$ macht.*) — Diese Rotationsbewegung ist, in

*) Die Lage der Axe der Sonne und die Punkte der Ekliptik, wo diese vom Sonnenäquator geschnitten wird (die Lage der Knotenpunkte), bleiben sich immer gleich. Dasselbe gilt, wie hier im voraus (zu §. 52.) bemerkt werden mag, von allen Planeten, deren Rotation beobachtet ist (vergl. wegen des Saturnringes §. 49., a., 2.). Mars, Jupiter u. s. w. drehen sich nämlich so um ihre, mehr oder weniger gegen die Bahnen geneigten, Axen,

Betracht der ungeheuren Größe der Sonne (§. 31., a.), so schnell, daß der Sonnenäquator durch dieselbe ungefähr 4mal schneller als der Erdäquator (wenn die Erde rotirt) herumgeführt wird, weil er einen **100**mal so großen Weg in einer nur 25mal so großen Zeit durchläuft.

§. 51. Der Mond.

Die große Nähe des Mondes und die Vervollkommnung der Fernröhre haben es möglich gemacht, daß wir die Oberfläche und die physische Beschaffenheit dieses Weltkörpers besser kennen, als die der übrigen Körper unsers Sonnensystems. Was wir nun hiervon wissen, begreift im Wesentlichen Folgendes in sich:

a) Schon mit bloßen Augen bemerkt man viele Unregelmäßigkeiten auf der Mondoberfläche, eine noch weit größere Mannigfaltigkeit einzelner Gestaltungen aber durch gute Fernröhre. Deutlich erkennt man Erhöhungen und Vertiefungen, lichte und dunklere, zusammenhängende und vereinzelte Partien u. s. w. — Der convexe Umfang des gegen die Sonne gekehrten Randes des Mondes ist immer kreisförmig und völlig glatt; aber der entgegengesetzte Rand des erleuchteten Theiles wird immer sehr zerrissen und ausgezackt, mit vielen Einschnitten und Vorragungen gesehen, wie zum Theil die Taf. unter IX., **1.** zeigt. Man bemerkt da in einiger Entfernung von dem erleuchteten Theile helle Punkte, welche desto größer werden, je mehr die Sonnenstrahlen auf die Seite des Mondes fallen, worin sie sich befinden. Hinter den leuchtenden Punkten sieht man lange, schwarze Schatten, deren Richtung sich immer mit dem Stande der Sonne ändert, was

---

daß diese während der ganzen Umlaufszeit um die Sonne mit ihrem Nord- und Südende gegen dieselben Punkte des Fixsternhimmels hingerichtet, oder sich selbst parallel bleiben.

offenbar zu erkennen giebt, daß jene Punkte Berge sind, deren Spitzen früher erleuchtet werden, als die umliegenden niedrigeren Theile, zu denen die Sonnenstrahlen noch nicht gelangen können. Je mehr die Erleuchtung der Mondfläche zunimmt (je höher also die Sonne für diese heraufsteigt), desto kürzer werden die Schatten, und beim Vollmonde, wo alles Licht in unsere Gesichtslinie fällt, sind alle Schatten verschwunden. Durch mikrometrische Messungen der Länge der Schatten vieler der ansehnlichsten Berge hat man deren Höhe, so wie die Tiefe der anstoßenden Thäler, bestimmen können, und gefunden, daß es Berge auf dem Monde giebt, die den höchsten Bergen der Erde nicht nur gleichkommen, sondern vielleicht gar noch höher sind als diese. Besonders merkwürdig und zahlreich sind die Ringgebirge, Berge, die sich als ein kreisförmiger, rings herum geschlossener Wall, der eine concav geböschte Vertiefung einfaßt, darstellen. Die Wallerhöhungen umschließen zum Theil ziemlich große und ausgedehnte Flächen, und heißen dann Wallebenen.

Aus den Cratern, oder aus der Mitte der Ringgebirge erheben sich häufig mehr oder weniger hohe, kegelförmige Berge, die man Centralberge nennt. — Außer den einzeln, oder gruppenweise beisammen stehenden Bergen sieht man aber auch ganze Bergketten nach verschiedenen Richtungen hinstreifen und hier und da einander durchkreuzen, so daß überhaupt die Mondoberfläche ein überaus gebirgiges Ansehen hat, wobei vulcanische Wirkungen und Bildungen gar nicht zu verkennen sind.*)

*) Gegenstände auf der Mondoberfläche erkennen zu wollen, die einer absichtlichen Kunstbetriebsamkeit der etwanigen Bewohner zugeschrieben werden könnten, müßten wir viel vollkommenere Teleskope, als unsere jetzigen sind, besitzen; denn ein Raum der Mondfläche, der sich uns nur unter dem kleinen Winkel von 1 Sec. zeigt, hat in der Wirklichkeit einen Durch-

b) Auch die grauen, ebenen Landschaften der Mondoberfläche, die man sonst irriger Weise für Meere hielt und mit daher genommenen (übrigens noch jetzt gebräuchlichen) Namen belegte, zeigen viele Verschiedenheiten und Abwechselungen. Man bemerkt darin z. B. hindurch streichende Höhenrücken oder Bergadern (als mehr oder weniger lichte Streifen), und sogenannte Rillen, schmalen, tiefen Furchen zu vergleichen, die meistens geradlinigt, oder doch wenig gebogen, fortlaufen, aber eben so wenig, wie die sogenannten Meere, Wasser enthalten können, da man darin (wenigstens in den breiteren) scharf abgeschnittenen Schatten wahrnimmt, wie sie bei fließenden Gewässern nicht gedacht werden können.*)

Wie an Wasser, so fehlt es auch an Wolken auf dem Monde, und wir haben überhaupt gar keine Anzeichen (wie z. B. Trübungen des Mondglanzes, und Dämmerung), die auf eine den Mond umgebende Atmosphäre hindeuteten. Gäbe es eine solche, so müßte sie wenigstens überaus dünn, und viel feiner, reiner und trockner sein als unsere irdische.

Diese eigenthümliche physische Beschaffenheit des

---

messer von sehr nahe 1/4 geograph. Meile. Gelänge es uns auch, eine 1000malige Vergrößerung anzuwenden, so würde ein Gegenstand auf dem Monde uns noch nicht besser erscheinen, als wenn wir ihn mit freiem Auge in einer Entfernung von $^{50000}/_{1000} = 50$ Meilen sähen; und welches Auge ist im Stande, einen Menschen, ein Haus rc. auch nur in einer Entfernung von ein paar Meilen noch deutlich wahrzunehmen?

*) Die vollständigste Ansicht und Belehrung über alle bis jetzt beobachtete Einzelheiten der Mondoberfläche giebt die von Mädler (und Beer) gelieferte Mondkarte (4 Blätter) nebst Beschreibung rc. („der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen, oder allgemeine Selenographie") Berl. 1837., wovon bald darauf das Ganze in einem kleinen Auszuge erschien. Für viele Liebhaber werden die Abbildungen der Mondoberfläche und zugehörige Erläuterungen genügen, welche sich in Littrow's Wunder rc. (dazu Taf. X. bis XII. der Figuren), in Brandes Vorlesungen, 2. Theil (dazu Taf. III. bis VI.) und anderwärts finden.

Mondes bringt es mit sich, daß die Mondbewohner ganz anders organisirt sein müssen als wir Erdbewohner. Ist es überhaupt im höchsten Grade wahrscheinlich, daß jeder Weltkörper (auch die Sonne, deren Bewohnbarkeit sich aus §. 50., b. ergiebt) von lebenden und empfindenden Wesen bewohnt sei, da eine dießfallsige Bevorzugung unserer gegen das Ganze so kleinen und fast verschwindenden Erde mit unserer Vorstellung von der Weisheit und Güte des Schöpfers sich nicht vereinigen lassen würde; so dürfen wir auch annehmen, daß überall Einrichtungen getroffen sein werden, welche das Bestehen und das Glück der von der höchsten Macht ins Dasein gerufenen Wesen möglich machen, jedoch dabei nicht vergessen, daß es außerhalb der Grenzen unserer Erkenntnißkraft liegt, zu näherer Auskunft über den Organismus, die Lebensweise, die physischen und geistigen Fähigkeiten &c. der Bewohner fremder Welten zu gelangen.

§. 52. Die Planeten.

Die Planeten haben, außer dem, was schon erwähnt worden ist, als: ihrer kugelförmigen Gestalt und Masse, ihrer Bewegung um die Sonne und ihrer Erleuchtung durch dieselbe, noch Manches (wenn auch mit eigenthümlichen Modificationen) mit einander gemein, was auf eine im Ganzen gleiche, oder doch sehr ähnliche physische Constitution hindeutet, wohin namentlich ihre Axenstellung und Axendrehung (durch welche ein gewisser Wechsel der Jahres- und Tageszeiten bedingt wird), eine gewisse (wenn auch noch nicht an allen bestimmt gemessene) Abplattung, Flecken, Streifen &c. auf der Oberfläche, und atmosphärische Erscheinungen gehören. Nur das Wichtigste und am sichersten Bekannte werde hier kurz bemerkt.

a) Mercur. — Die Sonne wird auf dem Mercur im Mittel fast 7mal größer als bei uns gesehen, und in eben dem-

selben Verhältnisse stärker erleuchtet. Es folgt aber hieraus nicht, daß dieser Planet auch einer 7mal stärkeren Erwärmung ausgesetzt sein müsse: denn theils kennen wir die Ursachen der Wärmeerzeugung überhaupt noch nicht genug, theils wissen wir nicht, wie etwa die Wirkungen der Lichtstrahlen durch die Natur der materiellen Bestandtheile des Mercurs und seiner Atmosphäre modificirt werden.*) Daß er aber von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben sei, wird für sehr wahrscheinlich gehalten.

Aus der mit sehr guten Teleskopen beobachteten periodischen Abstumpfung seiner Sichel (welche vermuthlich von den Erhabenheiten herrührt, die auf der Oberfläche des Planeten vorhanden sind und in einer gewissen Lage uns einige von der Sonne erleuchtete Stellen verhüllen), wie auch aus beobachteten (nur selten und schwer wahrzunehmenden) Flecken hat man eine Axendrehung von 24 St. 5 Min. hergeleitet. Ueber die Neigung der Axe gegen die Ebene der Bahn ist man ungewiß. Findet eine solche Statt, so können die Jahreszeiten, jede durchschnittlich, nur 22 Tage dauern (§. 41., d.).**)

b) Venus. — Die Sonne erscheint auf der Venus fast 2mal größer wie bei uns, giebt also auch eine 2mal stärkere

---

*) Dieser Bemerkung wollen wir auch bei den übrigen Planeten eingedenk bleiben.

**) Man wird sich hier und in dem Folgenden erinnern, daß durch die Neigung der Axe gegen die Bahn und von der davon abhängenden Neigung des Aequators gegen die Ekliptik, welche letztere bei uns die Schiefe der Ekliptik heißt, die Jahreszeiten bestimmt werden (s. oben §. 18., a. und vorher §. 16., a.; Ausführlicheres, in Betreff unserer Erde, unten §. 60. u. 61.). Eine größere oder geringere Schiefe der Ekliptik muß also einen größern oder geringern Unterschied in den Jahreszeiten mit sich bringen. Ein Planet, dessen Axe senkrecht auf seiner Bahn stände, müßte die Sonne immer in seinem Aequator haben, daher eines Wechsels von Jahreszeiten entbehren.

Erleuchtung. — Dieser Planet zeigt dem bewaffneten Auge zum Theil sehr hohe Gebirge, und eine Atmosphäre, in der viele Veränderungen und Trübungen vorgehen, aber auch zu Zeiten regelmäßig fortrückende Flecken, die einer Rotation, nahe von der Dauer eines Erdentages, nach Manchen von nur 23 St. 21 Min. anzeigen. — Die Umdrehungsaxe macht mit der Bahn vielleicht einen nur geringen Winkel, einen desto größern der Aequator mit der Bahn, woraus ein starker und eigenthümlicher Wechsel der Jahreszeiten folgen würde.

c) Mars. — Diesem Planeten sendet die Sonne nur 0,43, also noch nicht die Hälfte des Lichtes zu, mit dem sie der Erde leuchtet. Sein dunkelrothes Licht schreibt man seiner Atmosphäre zu, welche so hoch und dicht ist, daß, wenn er sich irgend einem Fixsterne nähert, dieser seine Farbe ändert und oft schon vor der wirklichen Bedeckung verschwindet. Aus den Flecken, die er zeigt, ergiebt sich eine Axendrehung von 24 St. 37′ 20″, und eine Neigung der Rotationsaxe zur Ekliptik von fast 60°, also eine Schiefe der Ekliptik von 30°, daher die Jahreszeiten des Mars von denen der Erde ziemlich verschieden sein müssen. In Folge der Rotation zeigt Mars eine abgeplattete Gestalt;*) denn sein Aequatorialdurchmesser ist etwas größer gefunden worden, als sein Polardurchmesser (worin jedoch die Angaben abweichen).

Außer den gedachten (veränderlichen) Flecken zeigen sich auf dem Mars noch andere, die ihre Stelle nicht verändern, also der Oberfläche so anzugehören scheinen, daß sie als Reflex der verschiedenartigen Beschaffenheit derselben (wie bei uns der grünen Ebenen, der waldigen Gebirge, ausgedehnter

*) Die Abplattung ist eine, mehr oder minder beträchtliche, Abweichung von der vollkommenen Kugelgestalt, so, daß der Planet ꝛc., an welchem sie wahrgenommen wird, unter den Polen etwas flacher, unter dem Aequator etwas erhabener (gleichsam aufgeschwellt) erscheint. Weiter unten (§. 57. u. 58.) wird dieß deutlicher gemacht werden.

Sandwüsten, Schneefelder ꝛc.) betrachtet werden können. Darunter zeichnet sich ein weißer, hellglänzender, abgerundeter Fleck aus (die Schneezone des Mars genannt), in dessen Mittelpunkt sich der Südpol des Mars befindet; er ist kleiner, wenn es auf der südlichen Halbkugel des Mars Sommer ist, größer, wenn dort Winter ist, was deutlich anzeigt, daß dieselben Ursachen, welche auf unserer Erde das beständige Polareis und bleibende Schneelagerungen erzeugen (die jedoch zum Theil aufgelöset werden, wenn die Sonne anhaltend auf sie wirkt), auch auf dem Mars ähnliche Wirkungen hervorbringen. Ein ähnlicher, wie es scheint, etwas kleinerer Fleck, wird auch beim Nordpol beobachtet. — Ueberhaupt zeigen Erde und Mars (so wie Mars und Venus) viele Aehnlichkeit in ihrer physischen Constitution.

d) Jupiter. — Dieser größte aller Planeten empfängt nur $^1/_{27}$ des Lichtes, das die Erde von der Sonne erhält. Sein Körper zeigt viele, lichtere und dunklere Flecken, insbesondere einige, an Zahl und Breite veränderliche, etwas dunkle Streifen oder Zonen, wie in Taf. unter IX., 3., im Allgemeinen mit dem Aequator parallel und zu dessen beiden Seiten liegend. Diese Zonen und die in ihnen vorgehenden Veränderungen deuten auf eine Atmosphäre hin, durch deren Oeffnungen und wechselnde Verdünnungen hindurch man den Körper des Planeten erblickt, der sich mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit (die wohl eben die Erscheinungen der Streifen verursachen oder modificiren mag), nämlich in der kurzen Zeit von 9 Stund. 56 Min. um seine Axe dreht. Letztere steht fast senkrecht auf der Bahn des Jupiters, und der Aequator des Planeten macht nur einen sehr kleinen Winkel (von 3° 6′) mit der Ebene der Bahn, daher der Wechsel der Jahreszeiten (sehr abstechend gegen den kurzen Tageswechsel) nur unbedeutend sein kann. Desto auffälliger (wiewohl aus der schnellen Rotation ganz erklärlich) ist die

Abplattung des Planeten (s. Taf. ebendas.); denn sie beträgt $^{1}/_{14}$, d. h. die Umdrehungsaxe verhält sich zum Durchmesser des Aequators wie 13 zu 14.

e) Saturn. — Das Sonnenlicht ist auf dem Saturn nur $^{1}/_{91}$ des Lichtes, welches der Erde von der Sonne zu Theil wird. Auch auf diesem Planeten bemerkt man mehrere Streifen oder Gürtel (Taf. IX., 4.), jedoch etwas weniger stark bezeichnet als die des Jupiters; wahrscheinlich von demselben Ursprunge wie die unter d. gedachten. Die außerdem beobachteten Flecken haben zur Bestimmung der Umdrehungszeit des Saturns geführt, welche etwas größer als die des Jupiters ist, indem sie 10 St. 30½ Min. beträgt, was ebenfalls die Ursache einer sehr starken Abplattung = $^{1}/_{10}$ ist. — Die Neigung des Saturnäquators gegen die Ebene der Bahn mag etwa 30°, die Neigung der Axe also 60° betragen, woraus folgt, daß die Jahreszeiten des Saturns von denen des Jupiters sehr stark abweichen, aber auch von denen unserer Erde noch beträchtlich verschieden (schärfer wie diese bezeichnet) sein müssen.

f) Ring des Saturns. — Der Ring des Saturns (doppelt oder mehrfach; §. 49., c.), an materiellen Bestandtheilen unstreitig dem Planeten selbst ähnlich, zeigt ebenfalls vor andern Theilen sich auszeichnende Stellen (Flecken), aus deren Bewegung man eine Rotation desselben, deren Dauer der Umdrehungszeit des Saturns völlig oder nahe gleich ist, berechnet hat. Aus dieser Dauer des Umschwungs des Saturnringes, welche genau die eines in der mittlern Peripherie des Ringes umlaufenden Trabanten zu sein scheint, läßt sich erklären, warum der Ring in seiner Lage um den Planeten sich erhalten kann, ohne sich diesem zu nähern oder das Gleichgewicht gegen denselben zu verlieren. „Denn man kann," nach der Erklärung eines berühmten französischen

Physikers,*) „jeden Theil des Ringes als einen kleinen Trabanten des Saturns, und den Ring selbst als ein System von Trabanten betrachten, welche auf eine unveränderliche Weise mit einander verbunden sind. Wenn diese Körper frei und unabhängig von einander wären, so würde sich ihre Geschwindigkeit mit ihrer Entfernung vom Mittelpunkte des Planeten ändern; die dem Mittelpunkte näher liegenden würden sich schneller, und die entfernteren sich langsamer bewegen, als die mitten innen liegenden. Wenn nun diese einzelnen Theile unter einander zusammenhängen und einen festen Körper bilden, so tritt eine Ausgleichung zwischen ihren Geschwindigkeiten ein; diejenigen, welche sich mit einer größern Geschwindigkeit bewegen, theilen den langsamer bewegten einen Theil ihrer Geschwindigkeit mit, so daß ein Gleichgewicht eintritt, und nur noch eine allen Theilen gemeinschaftliche mittlere Bewegung Statt findet, welche keine andere als die des mittlern Kreisringes ist. Der Ring erhält sich demnach eben so um den Saturn, wie der Mond um die Erde."

Diese Erklärung leidet auch auf einen Verein mehrerer concentrischer Ringe Anwendung, wie man dergleichen auch wirklich anzunehmen berechtigt ist.

g) Uranus. — Uranus erhält von der Sonne nur 1/368 des Lichts, welches sie uns zusendet. — Die große Entfernung dieses Planeten von der Erde und seine nur mäßige Größe (§. 46.) haben noch keine Flecken ꝛc., die eine (unstreitig vorhandene) Rotation näher bestimmen ließen, erkennen lassen, überhaupt jede Wahrnehmung physischer Eigenthümlichkeiten verhindert.

h) Die Asteroiden. — Auch die neuen Planeten, Vesta, Juno ꝛc. haben bis jetzt, ihrer außerordentlichen Kleinheit

---

*) Biot, Traité élémentaire d'Astronomie physique. Tom. III. §. 66.

wegen, einer Beobachtung ihrer Umdrehungszeiten &c. und ihrer physischen Beschaffenheit unübersteigliche Hindernisse in den Weg gelegt. Nur so viel scheint sich bis jetzt ergeben zu haben, daß in ihrer Erscheinung, wenigstens bei Ceres und Pallas, etwas Nebelartiges ist, was auf ausgedehnte und dichte Atmosphären schließen läßt.

Siebenter Abschnitt.

Die Kometen.

§. 53. Aeußere Erscheinungen an den Kometen. Scheinbarer Lauf.

a) Die Kometen, von denen bisher noch gar nicht die Rede gewesen ist, gehören, so sehr sie sich auch fast in Allem von den Planeten unterscheiden, doch mit diesen zu den Himmelskörpern, welche der Herrschaft unserer Sonne unterworfen sind, ja, so zu sagen,*) „das Volk des großen Staates ausmachen, in welchem die Sonne den königlichen Thron einnimmt, der beständig von der (anscheinlich) glücklichern Classe seiner wenigen Edlen (den Planeten) nebst ihrem Gefolge umgeben ist, und zu dem es nur selten einem aus dem Volke vergönnt wird, aus seiner entfernten Sphäre näher zu treten." Wenn nun eben dieses Herzutreten uns die Kometen, größtentheils ganz unerwarteter Weise, sichtbar macht, so erregt dasselbe auch immer eine Aufmerksamkeit, die man den gewöhnlichen Erscheinungen in unserer Planetenwelt nicht zuwendet, — was freilich bei der großen Menge, deren Blicke nur durch das Ungewohnte und Auffällige gen Himmel ge-

*) F. Th. v. Schubert, pop. Astron. Th. III. S. 41.

lenkt zu werden pflegen, in dem eigenthümlichen Ansehen der Kometen seine Entschuldigung findet. Diese Himmelskörper erscheinen nämlich als eine meist beträchtlich große, aber nicht scharf begrenzte Lichtmasse (Kopf des Kometen genannt), welche gewöhnlich nach dem Mittelpunkte zu viel heller wird und einen glänzenden, planeten- oder sternartigen Kern bildet. (S. Taf. unter IX., 5.) Vom Kopfe aus und immer auf der von der Sonne abgewendeten Seite zeigt sich gemeiniglich ein leuchtender Schweif (s. ebendas.), der sich weit hin (in der Wirklichkeit Millionen Meilen weit) erstreckt. Doch sind auch Kometen erschienen, die einen nur kurzen, oder gar keinen Schweif hatten, und sich nur als eine rundliche, oder formlose dünne Nebelmasse zeigten. Nichts an den Kometen kann uns veranlassen, sie für feste (solide) Körper zu halten. Selbst durch den anscheinlich dichtesten Theil ihrer Substanz bleiben die Fixsterne (ohne Brechung ihres Lichtes) sichtbar, obschon diese durch mäßige, nur einige Ellen hoch über der Erdoberfläche sich verbreitende, Nebel ganz unsichtbar gemacht werden. Auch ist es Thatsache, daß noch an keinem Kometen Phasen (wie an mehreren Planeten sich zeigen; §. 41. 42.) bemerkt worden sind. Wenn wir nun schon nicht zweifeln dürfen, daß die Kometen durch reflectirtes Sonnenlicht (nicht durch eigenes Licht, wie viele Versuche gezeigt haben) glänzen, so folgt doch aus den eben gedachten Wahrnehmungen, daß man selbst die größern und durch einen ansehnlichen Kern sich auszeichnenden Kometen nur als große Massen dünnen Dunstes*) betrachten kann, durch welchen die Sonnenstrahlen durchzubringen vermögen, die alsdann sowohl von

*) Auch dieser Ausdruck besagt noch zu viel; „denn die Kometen bestehen, wie wir aus allen Umständen schließen können, aus einem weder festen, noch gasförmigen, jedenfalls aber so unendlich dünnen Stoffe, daß unsere Luft vielleicht millionenfach dichter ist." Mädler, astronom. Briefe, S. 127. 299. — Gasförmige Bestandtheile würden die Strahlen der hinter dem

den innern Theilen, als von der Oberfläche der Kometen reflectirt werden.

b) Die Zeit der Sichtbarkeit und die Geschwindigkeit des Laufs ist bei einzelnen Kometen verschieden. Einige bleiben nur wenige Tage, andere Monate (keiner aber Jahre) lang sichtbar; einige bewegen sich mit ungemeiner Langsamkeit, andere mit außerordentlicher Schnelligkeit, und nicht selten zeigt ein und derselbe Komet an verschiedenen Stellen seiner Laufbahn beide Extreme von scheinbarer Geschwindigkeit (der Komet von 1472 beschrieb an einem einzigen Tage am Himmel einen Bogen von 120°). Manche Kometen sind rechtläufig, manche rückläufig, und wieder andere haben scheinbar einen gewundenen und äußerst unregelmäßigen Lauf. Auch beschränken sie sich in ihrem Laufe nicht, wie die Planeten, auf den Thierkreis, oder eine sonstige gewisse Gegend des Himmels, sondern sie durchstreifen alle Theile des Himmels nach allen Richtungen hin. Eben so auffällig sind die Veränderungen ihrer scheinbaren Größe während ihrer Sichtbarkeit. Manchmal erscheinen sie zuerst als matt leuchtende und langsam fortschreitende Himmelskörper mit einem kaum merklichen Schweife; aber allmälig nimmt ihre Schnelligkeit und ihre Größe zu, und ihr Schweif wächst an Länge und Helligkeit in dem Maaße, als sie sich der Sonne nähern und in deren Strahlen sich verlieren. Nach ihrem Vorübergange vor der Sonne glänzen sie im hellsten Lichte, und ihr Schweif erlangt die größte Länge und Entwickelung, woraus sich klar ergiebt, daß die Sonnenstrahlen die Ursache dieser außerordentlichen Ausströmung sind. Mit der Entfernung von der Sonne nimmt ihre Geschwindigkeit ab, und ihr Schweif verschwindet allmälig oder zieht sich auf den Kopf zurück, der

---

Kometen stehenden Sterne für unsern Anblick brechen, oder doch zum Theil absorbiren.

selbst nach und nach schwächer wird und endlich ganz verschwindet, um, in den bei weitem meisten Fällen, niemals wieder gesehen zu werden.

§. 54. Wahre Bewegung der Kometen.

a) Ohne die durch Kepler erlangte Kenntniß von den Gesetzen der Planetenbewegungen würde man nicht im Stande gewesen sein, die labyrinthisch scheinenden Verwickelungen des Kometenlaufes zu entwirren, und auch diesen Theil der himmlischen Bewegungen auf bestimmte, früher gar nicht geahnete, Gesetze zurückzuführen und der Rechnung zu unterwerfen. Es war zuerst Newton, der, nachdem er das, noch allgemeinere, Gesetz der Schwere entdeckt und dessen Wirkungen im Planetensysteme bewiesen hatte, dasselbe auch auf die Kometen anwendete und an dem großen Kometen von 1680 (einem der merkwürdigsten in der Geschichte, sowohl wegen der außerordentlichen Länge seines Schweifes, als auch wegen seiner großen Annäherung zur Sonne, bis auf $^1/_6$ des Sonnendurchmessers) zeigte, daß dieser Komet, der Anziehung der Sonne gehorchend, um diese eine elliptische Bahn beschreibe; daß die Sonne den einen Brennpunkt dieser Bahn einnehme, um welchen herum der Komet, den Kepler'schen Gesetzen gemäß, sich so bewege:

> daß die Flächenräume zwischen einem Bogen der Bahn und den geraden Linien nach der Sonne, wie bei den Planetenellipsen, den Zeiten proportional sind (vergl. §. 28., a.).

Die hiernach angestellte Berechnung der Bahn des gedachten Kometen wies sich während der ganzen Dauer seiner Sichtbarkeit als eben so begründet aus, als die elliptische Bewegung der Planeten in ihren der Kreisform sich mehr nähernden Bahnen, und es wurde seit dieser Zeit zu einer allgemein angenommenen Wahrheit: daß die Kometen denselben

Bewegungsgesetzen folgen wie die Planeten, nur mit dem Unterschiede, daß ihre Bahnen außerordentlich excentrisch und in keine bestimmte Zone des Himmels eingeschlossen, auch weder auf eine und dieselbe Richtung der Bewegung, noch auf eine bestimmte Grenze für die Neigung ihrer Bahnen gegen die Ekliptik beschränkt sind.

b) Es kam nun seit Newton, und kommt noch jetzt bei jedem neu erscheinenden Kometen darauf an, aus Beobachtungen alles das herzuleiten, was zu einer genauen Bestimmung der Lage und aller sonstigen Einzelnheiten der Ellipse, welche für die Bewegung des Kometen als wirklich angenommen werden soll (man nennt diese Bestimmungsstücken, wie die der Planetenbahnen, Elemente der Bahn; s. unten §. 65., b.), zu wissen nöthig ist. Der Scharfsinn der Astronomen hat gefunden, daß in der Regel drei vollständige Beobachtungen der Rectascension und Declination eines Kometen, und die Zeitpunkte dieser Beobachtungen, für die Lösung dieser, an sich überaus schwierigen, Aufgabe*) ausreichen.

*) Jeder Versuch, die Lösung dieser Aufgabe ohne Beihülfe gründlicherer mathematischer und astronomischer Kenntnisse begreiflich zu machen, würde hier, wie in mehrern andern Fällen (namentlich auch, was hier im Voraus bemerkt werden mag, bei der eigentlichen Planetentheorie, die weiter unten kurz berührt werden wird) vergeblich sein. Der Leser dieses Buches muß sich daher mit einer allgemeinen, mehr historischen, Darstellung begnügen, und bei dem Gedanken, daß er das Mitgetheilte als zuverlässig und bewährt betrachten kann, Beruhigung fassen. — Die Lösung jener Aufgabe, und die Darstellung aller Erscheinungen in dem Laufe eines Kometen wird übrigens dadurch sehr erschwert, daß wir den Kometen, nicht von dem Centrum seiner Bewegung, der Sonne aus (kurz: nicht heliocentrisch), sondern von der Erde aus (geocentrisch) beobachten. Da nämlich Erde und Komet nicht in einerlei, sondern meistens in verschiedenen, und in sehr wechselnden Richtungen sich bewegen, so müssen hieraus dieselben sonderbaren Erscheinungen wie im Planetenlaufe, Vor- und Rückwärtsgehen, Stillstand u. s. w., aber in viel auffälligerer Weise, erfolgen. Es können sogar Fälle vorkommen, wo ein Komet in wenigen Stunden den

In Folge solcher Beobachtungen werden die Elemente der Kometenbahn ausgemittelt, welche, mit nöthigen Veränderungen, und einer sogleich näher zu bezeichnenden Beschränkung, dieselben sind, die bei den Planetenbahnen (s. unten §. 65.) in Betracht kommen, und deren einmal erlangte Kenntniß es leicht macht, den ganzen beobachteten Lauf des Kometen nach den mehrgedachten allgemeinen Gesetzen zu prüfen, und hiernach die Ueberzeugung von der Wahrheit und Allgemeingültigkeit dieser Gesetze zu befestigen.

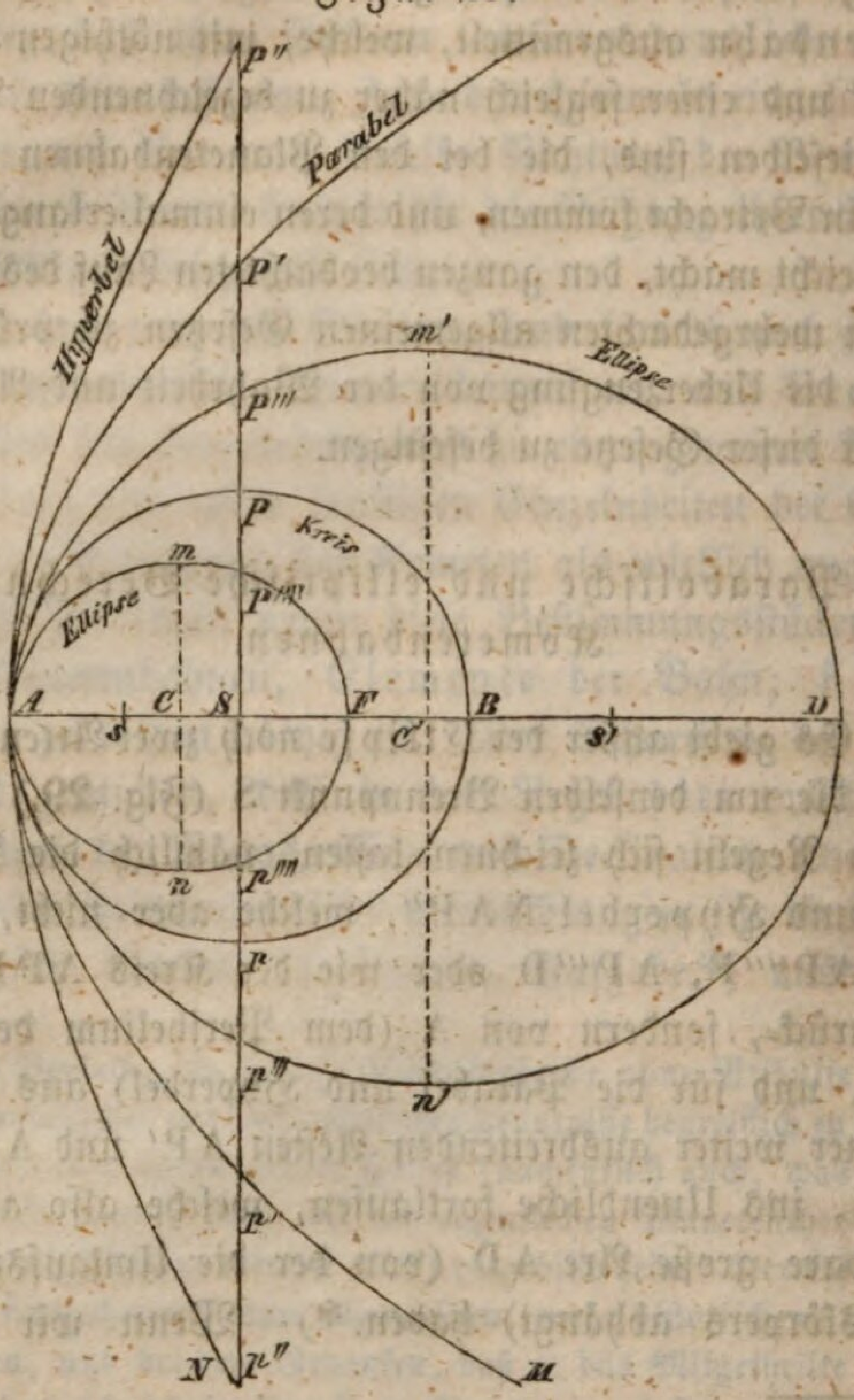
§. 55. Parabolische und elliptische Berechnung der Kometenbahnen.

a) Es giebt außer der Ellipse noch zwei Arten krummer Linien, die um denselben Brennpunkt S (Fig. 29.) nach bestimmten Regeln sich zeichnen lassen, nämlich die Parabel MAP′ und Hyperbel NAP″, welche aber nicht, wie die Ellipse AP″″F, AP‴D oder wie der Kreis APB in sich selbst zurück-, sondern von A (dem Perihelium der Ellipse AP‴D, und für die Parabel und Hyperbel) aus mit zwei sich immer weiter ausbreitenden Aesten AP′ und AM, AP″ und AN, ins Unendliche fortlaufen, welche also auch keine bestimmbare große Axe AD (von der die Umlaufszeit eines Himmelskörpers abhängt) haben.*) Wenn wir von der

ganzen Himmel zu durchlaufen scheint (vergl. §. 53., b.). Der Komet von 1769 beschrieb in 4 Monaten einen Bogen von 240°, und der große Komet von 1807 u. 8 während seiner ganzen Sichtbarkeit nur 130°. Die Kometen von 1556 und 1729 waren anfangs rückgängig, wurden aber plötzlich rechtgängig; bei denen von 1566 und 1582 war es umgekehrt u. s. w. — Dieß Alles muß sich erklären lassen; aber welche Kenntniß der bedingenden Ursachen gehört dazu!

*) Obige drei krumme Linien (zu denen aber auch noch der Kreis zu rechnen ist) nennt man Kegelschnitte. Sie entstehen (die Hyperbel bei

Figur 29.



Hyperbel hier ganz absehen, so können wir uns an der Figur durch den Augenschein überzeugen, daß ein Komet in der Gegend von A (denn in dieser nur wird er uns sichtbar) ein Bogenstück durchläuft, das eben so wohl einer Ellipse als einer Parabel angehören kann. Da nun die Berechnung

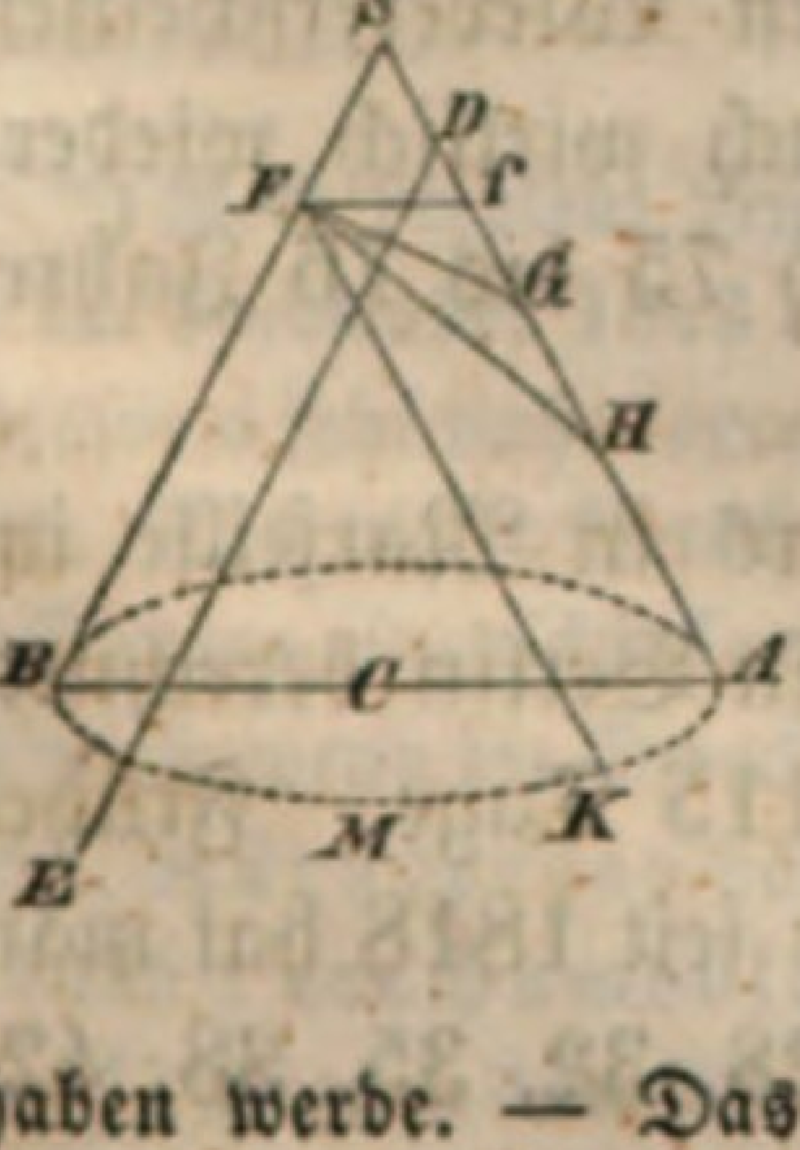
---

Seite gesetzt), wenn ein geometrischer Kegel ASB (Fig. 30.) mit einer Ebene so durchschnitten wird, daß der Schnitt, wie Fs, entweder der Grund=

einer Parabel weit einfacher ist, als die der Ellipse, weil in jener die große Axe (und die Umlaufszeit) wegfällt, und es bei einem neu erscheinenden Kometen nur darauf ankommt, die Elemente seiner Bahn so weit zu bestimmen, und astronomisch genau zu verzeichnen, daß man künftig beurtheilen kann, ob ein anderer unter ähnlichen Umständen erschienener Komet eben derselbe (oder in seinem Laufe identisch mit jenem) sei, woraus man dann die große Axe und die Umlaufszeit, kurz die Ellipticität und die individuelle Natur der elliptischen Bahn würde herleiten können; so betrachtet man gewöhnlich das beobachtete Bahnstück eines Kometen als einen parabolischen Bogen, und trägt alles dahin Gehörige (die Elemente der Bahn, als: die Neigung, die Lage der Knoten und der Sonnennähe, den Abstand dieser letztern von der Sonne, die Zeit des Durchgangs durch die Sonnennähe, und die Richtung der Bewegung) in die zu diesem Behufe angelegten Verzeichnisse ein, in welchen bis jetzt etwa 150 astronomisch beobachtete Kometen sich aufgeführt finden.

b) Man hat jedoch auch, wie bereits Newton gethan

Figur 30.



fläche **ABM**, oder einer der Seiten **AS**, **BS**, wie nach **DE**, parallel ist (was den Kreis und die Parabel giebt), oder daß der Schnitt schief durch beide Seiten des Kegels geht, wie nach **FG**, **FH** (wodurch Ellipsen entstehen). Gegen unzählige Ellipsen gibt es, von einem Punkte **F** ausgegangen, nur einen Kreis, in der Lage **Ff**, und eine Parabel, in der Lage **FK** (in Fig. 29. **P′AM**); daher es hierdurch schon wahrscheinlich wird, daß die Natur im Laufe (wie der Planeten, so) der Kometen den Ellipsen vor dem Kreise, und noch mehr vor der Parabel, bei der an keine Wiederkehr eines Kometen zu denken wäre, den Vorzug gegeben haben werde. — Das Nöthigste über Ellipse und Parabel, und deren Eigenschaften findet sich im Kl. mathem. Handb., VII. Abschnitt.

(§. 53., a.), für einige Kometen, die eine verhältnißmäßig lange und sonst günstige Beobachtung zuließen, elliptische Elemente (bis jetzt für etwa 10 bis 12 Kometen, darunter für den Olbers'schen Kometen von 1815, der nach 74 Jahren wieder erscheinen soll) zu berechnen gesucht, und dabei Umlaufszeiten gefunden, die zum Theil erst nach Jahrtausenden, z. B. bei den schönen und ausgezeichneten Kometen von 1680, 1769, 1807 und 1811 nach 8814, 2020, 1540 und 3066 Jahren) die Richtigkeit der Rechnung bewähren würden. — Derjenigen Kometen aber, deren wirklich beobachtete und außer Zweifel gesetzte Wiederkehr einen elliptischen Lauf in ganz bestimmter Weise bezeugt, sind bisjetzt sehr wenige, nämlich folgende:

Komet von	Entfernung von der Sonne in Halbmessern der Erdbahn		Kleinster Abstand in Meilen.	Neigung der Bahn	Richtung der Bewegung
	größte	kleinste			
1. Halley	35,4	0,6	12 Mill.	18°	rückläufig
2. Encke	4,1	0,4	8 —	14°	rechtläufig
3. Biela	6,2	0,9	18 —	13°	rechtläufig

Der Komet unter 1. ward von Halley, bald nach seiner Erscheinung im J. 1682 für identisch mit den Kometen von 1456, 1531 und 1607 erkannt und dessen Wiedererscheinen für das Jahr 1759 berechnet, wo er auch wirklich wiederkehrte. Seine Umlaufszeit beträgt demnach 75 bis 76 Jahre. Er erschien zuletzt im November 1835.

Der Komet unter 2. ward von Pons in Marseille im November 1818 entdeckt, und von Encke in Berlin berechnet. Seine Umlaufszeit beträgt 3 Jahre und 115 Tage. Früher war er schon öfters beobachtet worden, und seit 1818 hat man ihn regelmäßig in den Jahren 1822, 25, 28, 32, 35, 38, 42, gesehen.

Der Komet unter 3. (klein und lichtschwach, ohne Schweif) ward von v. Biela zu Josephstadt in Böhmen im Februar 1826 entdeckt, und für identisch mit den Kometen von 1772, 1789, 1795, 1805 u. s. w. erkannt. Seine Umlaufszeit beträgt demnach 6 Jahre und 270 Tage. Zuletzt ward er 1832 wieder gesehen.*)

Unstreitig werden künftige Jahrtausende die Zahl der in bestimmten elliptischen Bahnen laufenden Kometen ansehnlich vermehren, und die Astronomen in der Meinung befestigen, daß, wenn auch die Natur einigen Kometen eine parabolische (oder hyperbolische) Bahn angewiesen haben sollte, doch dieß nur als seltene Ausnahme von der allgemeinen Regel betrachtet werden müsse.

c) Seit geschichtlicher Aufzeichnung mögen überhaupt etwa 500 Kometen gesehen worden sein.**) Diese Zahl ist aber gewiß sehr gering gegen die der wirklich vorhandenen. Denn erwägt man die weiten Räume, welche die engbeschränkte Planetenzone für andere Bahnen übrig läßt, bedenkt man, daß inner- und außerhalb der uns bekannten Planetenbahnen die Perihelien unzähliger Kometen liegen, und diese ungehindert innerhalb jener großen Räume in langgestreckten Bahnen nach allen Richtungen hin sich bewegen können; so ist es nicht unglaublich, daß, nach einer auf diese und andere

---

*) Noch verdient bemerkt zu werden, daß auf der Pariser Sternwarte den 22. November 1843 ein Komet von Faye entdeckt ward, dessen, der Kreisform sehr nahe kommende, Ellipticität sehr bald erkannt und berechnet ward. Nach dieser Berechnung hat der, zwischen den Bahnen des Mars und des Saturn eingeschlossene, Komet eine Umlaufszeit von etwa $7^3/_{10}$ Jahren, und wird, wenn die Berechnung richtig ist, im April 1851 wieder erscheinen. Vergl. Nürnberger popul. astron. Handwörterb. S. 759. und Anhang S. 1035.; von Humboldt Kosmos I. Bd. S. 115.

**) Man s. den Abriß einer Geschichte der Kometenerscheinungen in Mädler's popul. Astron. S. 302—346.

Gründe gebauten Annahme,*) unsere Sonne von wenigstens einer Million Kometen umgeben sei, die ihr, wenn sie selbst auch vielleicht sich bewegt (§. 68.), nebst der dagegen geringen Planetenbegleitung, auf ihrer Bahn durch das Universum als Trabanten folgen.

§. 56. Natur und Bestimmung der Kometen.

Die wahre Naturbeschaffenheit der Kometen und ihrer Umhüllungen und Schweife**) zu erklären, ist eine für Erdenbewohner vielleicht nie zu enträthselnde Aufgabe. Trotz ihres lockern und dunstartigen Wesens (§. 53., a.) und der unverkennbaren Veränderungen, denen die Kometen je nach ihrer Annäherung zur Sonne und ihrer Entfernung von derselben, nach Form, Ausdehnung u. s. w. (was allerdings von einer starken Einwirkung der Sonne auf ihre Substanz zeugt), ausgesetzt sind, ist ihre materielle Natur keinem Zweifel unterworfen. Womit wir aber ihre materiellen Bestandtheile, in deren Zusammensetzung &c. eine große Mannigfaltigkeit Statt finden mag, vergleichen sollen, ist schwer zu sagen. — So viel ist gewiß, daß, aus welchen Stoffen auch die Kometen bestehen mögen, ihr Wesen von dauernder Beschaffenheit ist; denn wie könnten sie sonst so weit ausgedehnte Bahnen durchlaufen, und, ungeachtet der, mehr als wahrscheinlichen, Einwirkung, welche compactere Körper (die Planeten), denen sie auf ihrem Laufe oft sehr nahe kommen, auf sie aus-

*) F. Th. von Schubert, popul. Astron. Th. III. §. 23—28.

**) Hierüber geben, mit sachkundigem Urtheil und scharfer Sichtung der bisher über diesen Gegenstand angestellten Beobachtungen und aufgestellten Meinungen, Mädler und von Littrow in den öfters angeführten Werken (Mädler namentlich in den astron. Briefen Nr. 15. „die Kometen") die erwünschteste Auskunft. Man sehe auch von Humboldt's Kosmos Bd. I. S. 105 ff., und Nürnberger's astron. Handwörterb. unter dem Artikel „Kometen."

üben, zur Sonne zurückkehren; wie könnten sie der starken Anziehung dieses gewaltigen Centralkörpers, bei ihrer, zum Theil sehr beträchtlichen, Annäherung an denselben, einen Widerstand entgegensetzen, der sie fähig macht, ihren Lauf ungehindert fortzusetzen?

Sollten nun Körper von so geregeltem Laufe und so außerordentlicher Anzahl, — Körper, die, wie schon bemerkt, die Hauptbevölkerung des großen Sonnenstaates ausmachen, und in dem ungeheueren Raume desselben, nach einem offenbar mit bewundernswürdiger Weisheit angelegten Plane, die Lücken ausfüllen, welche gelassen sein würden, wenn nur die Planeten die von der wohlthätigen Wirksamkeit der Sonne wesentlich Nutzen ziehenden Körper wären, — sollten diese Körper ohne *eigenthümliche* Bestimmung sein? Sollten sie nicht so gut, wie wir dieß von den Planeten annehmen, *um ihrer selbst willen* geschaffen, und durch eben die Weisheit und Güte, die ihren Lauf ordnete und ihr Bestehen sicherte, zu Wohnplätzen für empfindende Wesen, deren Natur und Wirksamkeit zu begreifen, ja nur zu ahnen, wir freilich jetzt nicht fähig sind (vergl. §. 51., b. a. E.), eingerichtet worden sein? Wenn wir keinen Grund finden, dieß zu bezweifeln, so werden wir, fern von der thörichten Furcht, mit welcher die ungemeldete Ankunft eines Kometen früher die unwissende Menge erfüllte,*) jede Kometenerscheinung als eine freund-

---

*) Auch *die* Furcht, daß irgend einmal ein Komet mit der Erde zusammentreffen, oder ihr doch sehr nahe kommen, und hierdurch einen sehr nachtheiligen, wo nicht völlig verderblichen Einfluß auf den physischen Zustand des Erdkörpers äußern könnte, scheint grundlos zu sein; denn was berechtigt uns zu glauben, daß in den unermeßlichen Räumen, welche für Kometenbewegungen offen stehen, den Bahnen einzelner Kometen eine für unsere Erde (oder andere Körper unsers Sonnensystems) gefährliche Lage und Richtung gegeben worden sei? Auch läßt sich sehr bezweifeln, daß ein Komet, wenn er auch nur der Erde ganz nahe kommen (welche Nähe nur

liche Verkündigerin der in allen Himmelsräumen wirksam waltenden göttlichen Macht und Güte begrüßen, und ihren Verlauf mit denselben Empfindungen der Freude und Bewunderung verfolgen, die jenen heiligen Sänger zu dem Ausrufe begeisterten: „Groß sind die Werke des Herrn, wer ihrer achtet, hat eitel Lust daran." (Ps. 111, 2.)

Achter Abschnitt.

Wahre Gestalt und Größe der Erde; deren zwiefache Bewegung.

§. 57.

Die bisherigen Betrachtungen haben uns stufenweise dahin geführt, aus den scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper die wahren herausfinden, und letztere nun in dem Zusammenhange uns vorstellen zu können, welchen man das Sonnen- oder Planetensystem (uneigentlich auch das Weltsystem) zu nennen pflegt.

Wir müssen aber zuvörderst von der Gestalt und Größe des Weltkörpers, von welchem aus jenes große Ganze zu beobachten und, so weit möglich, zu erforschen uns vergönnt ist, uns eine genauere und begründetere Kenntniß zu verschaffen suchen.

---

sehr kurze Zeit dauern könnte), oder diese durch einen Theil seiner weiten Umhüllung gehen sollte, vermöge seiner ganz unbedeutenden materiellen Substanz (§. 53., a.), Gefahr bringen würde. Nach Olbers ging am 26. Juni 1819. die Erde durch den Schweif eines Kometen, den man erst einige Tage später erblickte, also ohne daß man etwas von einem Einflusse dieser Berührung verspürt hatte. — Von einem „Zusammenprallen" der Erde mit solchen Körpern kann vollends gar nicht die Rede sein. Mädler, astron. Briefe. S. 127.

Wahre Gestalt und Größe der Erde. — a) Daß die Erde ein kugelförmiger Körper sei, wird uns nach dem Bisherigen nicht zweifelhaft sein. Haben wir aber schon gesehen, daß andere Weltkörper, wie namentlich Mars, Jupiter und Saturn, die in ihrer Abhängigkeit vom Sonnenlicht ꝛc., in dem Wechsel von Tages- und Jahreszeiten, wie überhaupt in ihrer physischen Einrichtung unserer Erde so ähnlich sind, eine von der reinen Kugelform abweichende Gestalt haben (abgeplattet sind; §. 52.), so werden wir eine solche Abweichung von der Kugelgestalt auch bei unserer Erde vermuthen dürfen, zumal wenn wir ihr eine Axendrehung beilegen, aus welcher eben, wie an den gedachten Weltkörpern, die Abplattung entstehen muß. Diese Vermuthung hat bereits durch wirkliche Messungen ihre vollkommene Bestätigung gefunden. Was es hiermit für eine Bewandtniß habe, kann man sich im Allgemeinen leicht vorstellen. Wir wissen (nach §. 11., d.), daß die Polhöhe sich ändert, wenn man von irgend einem Standorte aus, weiter nach Norden oder nach Süden geht. Eine solche Aenderung würde gar nicht Statt finden, wenn die Erde eine ganz ebene Fläche wäre; denn auf einer solchen müßte, da ihre Länge gegen die unermeßliche Ausdehnung der Himmelssphäre für Nichts zu rechnen wäre, die Polhöhe überall gleich sein. Wäre hingegen die Erde eine vollkommene Kugel, so würde jeder Grad am Himmel, um welchen bei einer auf der Erde nach Norden oder Süden hin vorgenommenen Ortsveränderung die Polhöhe größer oder kleiner wird, auch einen, unter allen geographischen Breiten an Größe sich gleich bleibenden, Grad auf dem Umfange der Erde betragen; wäre sie dieß nicht, so würde da, wo die Erde flacher ist, ein Erdengrad (Breitengrad) länger, und da, wo sie gekrümmter ist, kürzer als auf einer ganz kugelrunden Erde sein. Es kommt also darauf an, Strecken auf der Erde, die eine Veränderung der Polhöhe um wenigstens einen Grad

ergeben, und zwar längs eines Erdmeridians und in verschiedenen Gegenden (nach dem Aequator hin oder unter demselben, und nach den Polen hin) geometrisch genau, also unter gleichzeitiger, fortwährender Beobachtung der Polhöhe, zu messen, um zu erfahren, ob diese überall mit einem am Himmel gemessenen Grade harmoniren, d. h. ob sie überall von gleicher Länge sind, oder nicht.

b) Solche Messungen (Gradmessungen) sind mit der erforderlichen Genauigkeit wirklich seit dem Jahre **1669**, zuerst in Frankreich (durch Picard, weiterhin durch Cassini, Bouguer, Maupertuis, Clairaut u. s. w.), dann in vielen, weit von einander entlegenen Gegenden (außer Frankreich z. B. in Spanien, in England, Italien, Schweden, Rußland, in Nord- und Südamerika, in Ostindien, auf dem Cap der guten Hoffnung u. s. w.) mit unglaublicher Genauigkeit und Mühe, nach trigonometrischen Methoden, die sich hier nicht beschreiben lassen, ausgeführt worden,*) und haben zu dem

---

*) Die gemessenen Meridianbogen betrugen z. B. auf dem Cap und in Schweden bis $1^1/_2{}^0$, im Kirchenstaat, in Rußland und in England bis gegen 4^0, durch Frankreich und Spanien bis gegen $12^1/_2{}^0$, in Indien sogar fast 16^0. — Nach Obigem haben die Gradmessungen einen astronomischen und einen geometrischen (geodätischen) Theil. Jener erfordert die genaueste Beobachtung und Bestimmung der Polhöhen, oder der Zenithunterschiede (woraus die Polhöhe folgt; vergl. §. **11.**, **a.**), an den Endpunkten (dem nördlichen und dem südlichen) der zu messenden ganzen Strecke in der Richtung eines Meridians; denn indem man an beiden Oertern (Endpunkten des zu messenden Meridianbogens) mit einem großen und sehr genau eingetheilten Instrumente die Entfernungen eines dazu auserwählten Fixsterns vom Zenith im Meridian beobachtet (unter Anbringung der Correcturen, welche wegen der Strahlenbrechung nöthig sind; §. 6., **a.**); so giebt der Unterschied beider Zenithalabstände die Krümmung des Bogens vom Meridian zwischen beiden Oertern. — Bei dem geometrischen Theile kommt es darauf an, das Bogenstück zwischen zwei erwählten Oertern, auch wenn diese nicht genau unter einem und demselben Meridian liegen (solchen Falls also das Bogenstück zwischen den Parallel-

wichtigen Ergebnisse geführt: daß die Meridiangrade der Erde nach den Polen hin länger, nach dem Aequator hin und unter diesem (wie in Peru) kleiner werden, daß also die Erde unter den Polen abgeflachter, oder abgeplattet, unter dem Aequator erhabener (abgerundeter) ist, oder daß sie die Form eines elliptischen Sphäroids (Ellipsoids) hat, dessen große Axe der Aequatorialdurchmesser, die kleine Axe der Polardurchmesser, oder die Rotationsaxe ist (wie Taf. unter IX, 3. sich auch am Jupiter zeigt), — daß

kreisen beider Oerter) mit terrestrischen Meßwerkzeugen, nach einem bekannten Längenmaaße (z. B. nach Fußen, oder nach französischen Toisen oder Klaftern, deren eine 6 pariser, etwas mehr als 6 rheinländ. Fuß beträgt), mit aller möglichen Genauigkeit zu messen, und so, daß man sich nie aus dem Meridian entfernt. Wie dieß, namentlich in Betreff der letztern Bedingung, zu bewerkstelligen sei, läßt sich in der Kürze, und ohne die trigonometrische Formelsprache, nicht erklären. So viel leuchtet ein, daß man die Linie zwischen den fraglichen zwei Endpunkten (die man indeß wie eine Horizontallinie auf der Oberfläche ansehen kann) nicht unmittelbar und in Einem fort messen kann. Man hängt also (nach derselben trigonometrischen Methode, deren man sich bei Vermessung eines Landes bedient) eine Reihe von Dreiecken, deren Spitzen die ganze zu messende Linie von beiden Seiten einschließen, an einander, nachdem man eine Seite des ersten Dreiecks als Basis für das ganze Dreiecksystem (durch welche also alle übrigen Linien ausgedrückt werden müssen) nach Toisen, Fußen u. s. w. mit der Meßruthe wirklich gemessen hat. Von jedem Dreieck werden bloß die Winkel mit den vollkommensten Instrumenten gemessen, woraus das Verhältniß aller Seiten gegen einander trigonometrisch berechnet wird. — Die Kette von Dreiecken bildet man aus Punkten, welche in der Gegend des zu messenden Meridianbogens liegen, nämlich aus etwas hochliegenden, sich leicht auszeichnenden Gegenständen, wie Thürmen, Bergspitzen, aufgerichteten Stangen u. s. w., welche Punkte nicht allzu entfernt von einander sein müssen, damit man von jedem Punkte die zwei folgenden deutlich sehen könne u. s. w. — Sehr klar und gründlich, und nur mit Zuziehung der einfachsten trigonometrischen Formeln (wie sie sich z. B. im IX. Abschnitte des kl. math. Handb. unter B finden), haben das ganze Verfahren erklärt: von Schubert in der popul. Astron. II. Th. §. 40—51., und Nürnberger im popul. astron. Handwörterb. I. Bd. S. 673 ff.

daher auch die Erdmeridiane elliptisch gekrümmt, und nur der Aequator und die Parallelen wirkliche Kreise sind.

Aus der Vergleichung der gemessenen Grade hat sich gefunden, daß

1) im Mittel ein Grad des Erdumfangs 15 geograph. Meilen, also der ganze Umfang 5400 Meilen,

2) der größte Durchmesser (oder der Aequatorialdurchmesser) der Erde 1719, und der kleinste (der Polar-) Durchmesser 1713, der Unterschied beider Durchmesser 6 Meilen, — demnach

3) die Abplattung der Erde etwas mehr als $^1/_{300}$ (nach der jetzt gewöhnlichen Annahme $^1/_{302}$) beträgt. *)

Die übrigen hieraus folgenden Dimensionen der Erde (als Kugel betrachtet) sind:

Die Oberfläche der Erdkugel = 9'282060 Quadratmeilen, der körperliche Inhalt = 2659'310190 Cubikmeilen.

§. 58. Tägliche Bewegung der Erde; Rotation.

a) Ist die Erde, wie Jupiter und Saturn, abgeplattet, so wird sie sich wohl auch, wie diese sehr großen Planetenkugeln, um ihre Axe drehen (rotiren); denn die Abplattung derselben ist eine offenbare Wirkung ihres überaus schnellen

---

*) Da man weder den größten, noch den kleinsten Durchmesser der abgeplatteten Erde für den Durchmesser der Kugel annehmen darf, sondern zwischen beiden ein Mittel suchen muß, so verfährt man hierbei so, daß man die Ellipse der Erdmeridiane nach den Ergebnissen der vorgenommenen Messungen bestimmt, hieraus vermittelst der Natur (den bekannten Eigenschaften) der Ellipse den körperlichen Inhalt eines Sphäroids berechnet, das aus der Umdrehungsaxe einer solchen Ellipse um ihre kleinste Axe entsteht, und nun den Durchmesser einer Kugel sucht, die eben den körperlichen Inhalt hat wie dieses Sphäroid. Auf diese Art hat man obige Größenverhältnisse gefunden.

Umschwunges (von etwa 10 Stunden; §. 52., d. und e.), — eines Umschwunges, der mit ihrer Abplattung ($^1/_{10}$ und $^1/_{14}$; ebendas.) eben so im Verhältniß steht, wie dieß bei einer innerhalb 24 Stunden sich vollendenden Axendrehung der Erdkugel Statt finden muß. Denn nehmen wir, wie dieß die Astronomen und Physiker (die Geologen) aus guten Gründen thun, an, daß, wie alle Planeten, so auch die Erde, anfänglich und bei Beginn ihrer Umdrehungsbewegung sich in einem flüssigen (oder doch nahe flüssigen) Zustande befand, so mußten, vermöge des in der Gegend des Aequators heftigern, nach den Polen hin geringern, und unter diesen selbst ganz unmerklichen Umschwunges, die Bestandtheile des noch weichen Erdkörpers dort sich weiter von der Axe entfernen, hier etwas zusammensinken, hierdurch aber eine um den Aequator erhabene (gleichsam aufgeschwellte), unter den Polen abgeflachte (zusammengedrückte) Gestalt bewirken. Daß der Erdkörper wirklich diese, nach §. 57. geometrisch erwiesene, Gestalt angenommen habe, und hiermit die Wirkungen einer mit der Umdrehung verbundenen Schwungkraft anzeige, wird noch jetzt durch untrügliche Wahrnehmungen, wie namentlich durch Beobachtung der Pendellängen*) unter verschiedenen geo-

*) Unter Pendel versteht man jeden schweren Körper, der (wie eine Bleikugel, oder eine Metall-Linse, an einem Faden, oder an einer schwachen Metallstange) so aufgehängt ist, daß er sich um den Aufhängepunkt frei in verticalem Kreise bewegen oder hin und her schwanken kann. Ist die Zeit jedes Schwunges genau $^1/_{60}$ einer Minute, so nennt man ihn Secundenpendel. Alsbald nach entdeckter Gleichförmigkeit solcher Schwingungen verband man das Pendel als Regulator mit den Uhren, die dadurch einen gleichförmigen Gang erhielten (Secundenuhr ꝛc.) und den Astronomen unglaublichen Nutzen geleistet haben. Erfahrung und Theorie zeigten bald, daß das Pendel seine Schwingungen in desto kürzerer Zeit macht, daß also seine Bewegung desto schneller geschieht, je kürzer es ist, und umgekehrt; daher man das Gewicht am Pendel nur höher schrauben, oder dem Aufhängepunkt näher bringen darf, wenn die Uhr zu langsam geht, und umge-

graph. Breiten, außer Zweifel gesetzt. Denn wenn ein Pendel von einer gewissen bestimmten Länge, wie das an einer guten Secundenuhr, z. B. unter dem Aequator in einem Tage, oder in 24 mittlern Sonnenstunden, 86400 Schwingungen macht, so macht es deren, nach London gebracht, in derselben Zeit 135 mehr, nämlich zusammen 86535, und so, nach Maaßgabe der mehr nördlichen oder südlichen Lage eines Ortes, mehr oder weniger Schwingungen; was deutlich zu erkennen giebt, daß das Gewicht des hin- und herschwingenden Pendels, als welches von der Schwere immer wieder nach der verticalen Lage zurückgeführt wird, nach den Polen hin oder unter denselben schwerer, nach und unter dem Aequator leichter, daß also dort die Schwere selbst größer, hier geringer ist (weil der stärkere Umschwung um und unter dem Aequator einen Theil der Schwere fallender Körper, zu denen auch das Pendelgewicht gehört, aufhebt, also auch das Pendel größere Secundenschwingungen, folglich deren weniger in einer Stunde 2c. machen läßt, als nach den Polen hin, und umgekehrt); daß folglich ein Umschwung der Erde, der da, wo er am heftigsten, oder da, wo er am unmerklichsten ist, eine Verminderung, oder eine Vermehrung der Schwere verursacht, wirklich vorhanden ist. Jener Unterschied der Schwerkraft aber, wie man ihn an den Secundenschlägen gleich langer Pendel in verschiedenen Gegenden der Erde gefunden hat, zeigt hinwiederum an, daß die Erde unter dem Aequator erhabener, unter den Polen abgeflachter (kurz abgeplattet) sein muß; denn da die Schwere mit dem Quadrate der Entfernung

---

kehrt. Da das Pendel in jeder Lage ruhig hängen würde, wenn die Schwere es nicht herabtriebe, da also seine Schwingungen eine Wirkung der Schwere sind; so folgt leicht, daß die Bewegung desto schneller sein muß, je größer die Schwere ist, und umgekehrt, weil die Wirkung der Ursache angemessen sein muß. Eine faßliche Belehrung hierüber, und zu Obigem, s. in Mädler's astron. Briefen, Nr. X. „die Schwingungen des Pendels."

abnimmt (§. 40., d.), so müssen, um die geringere Schwere unter dem Aequator auch von dieser Seite her erklärlich zu machen, die Theile der Erdmasse, welche um den Aequator liegen, weiter von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sein, als die um die Pole liegenden, und umgekehrt.

Nach allem Diesem, und nach §. 57., können wir es als eine mathematisch und physisch bewiesene Wahrheit ansehen:

> daß die Erde sich um ihre Axe dreht, und auch hiernach, gleich dem Mars, dem Jupiter rc., in die Classe der Planeten zu setzen ist.

b) Bewegt sich nun die Erde um ihre Axe, und zwar von Abend nach Morgen, und in derselben Zeit, in der sich die ganze Himmelssphäre einmal um die Erde zu drehen scheint (§. 2. u. 7.), d. h. in 24 Stunden, und mit einer Gleichförmigkeit, die wir bei ihr so gut annehmen müssen, als wir sie bei der Sonne, dem Jupiter u. s. w. mit Augen wahrnehmen, so erklärt sich auf eine leichte und natürliche Weise der tägliche gleichförmige Umschwung des Himmels mit allen seinen Gestirnen in der Richtung vom Morgen nach Abend; die Himmelsaxe (mit dem Nord- und Südpol) ist dann nur die nach beiden Seiten (nach Norden und Süden) hin verlängerte Erdaxe, und der Aequator und die Meridiane der Erde fallen, wenn man ihre Flächen in Gedanken bis an den Himmel erweitert, mit dem Aequator und den Meridianen der Himmelskugel zusammen, erklären also vollkommen die Entstehung dieser himmlischen Kreise; auch die Parallelkreise der Erde lassen sich dann leicht auf die Parallelkreise der Himmelskugel übertragen, denen sie, obschon nicht mit ihnen in eine Fläche zusammenfallend, doch parallel sind.

Die Ungereimtheiten, welche die, durch den sinnlichen Anschein erzeugte, Vorstellung der Alten von einem täglichen Umschwunge der ganzen Himmelssphäre mit sich führt, daß nämlich bei einer solchen Umdrehung die ungleich, aber insge-

sammt ungeheuer weit entfernten Himmelskörper, insbesondere die im eigentlichen Sinne unermeßlich weit von uns und unter einander entfernten, und in zahlloser Menge durch den unendlichen Himmelsraum vertheilten Firsterne, gegen welche die Erde fast weniger als ein Punkt ist, mit einer alle Begriffe übersteigenden Geschwindigkeit in der kurzen und gleichen Zeit von 24 Stunden um diesen Punkt (überhaupt um die durch denselben gezogene eingebildete Weltaxe) so unermeßlich weite Kreise*) beschreiben müßten, daß man genöthigt wäre, diesem Punkte (oder vielmehr allen Punkten der Himmelsaxe) eine Anziehungskraft zuzuschreiben, die um so stärker auf die ungeheuren Massen der Sonne, eines Jupiters, der Firsterne rc. wirken müßte, je weiter dieselben von der Erde entfernt sind, — diese und andere Ungereimtheiten fallen von selbst hinweg, wenn die Erde sich um ihre Axe dreht. — Auch auf der Sonne, dem Monde, den Planeten (die sich sicherlich alle, wie Venus, Mars, Jupiter rc., um ihre Axen drehen; §. 52.) würden, wenn man dem sinnlichen Scheine folgen wollte, solche Ungereimtheiten, und auf jedem dieser Körper, nach Maaßgabe seiner Umdrehungszeit, der Lage der Rotationsaxe u. s. w., andere, einander widersprechende, himmlische Bewegungen an-

*) Da der größte Umfang der Erde 5400 Meilen beträgt, so ist die größte Geschwindigkeit, die bei ihrer täglichen Umdrehung Statt finden kann, nur $^1/_{16}$ Meile, oder 1431 Par. Fuß in einer Secunde, also eine Geschwindigkeit, die noch kleiner ist, als die einer 24pfündigen Kanonenkugel, welche in 1 Sec. 1586 Par. Fuß durchfliegt (von der Geschwindigkeit des Lichtes aber 957millionenmal übertroffen wird; Littrow's Wunder rc. S. 269.). Wie viel größer ist die Rotationsgeschwindigkeit des Jupiters (in 1 Secunde $1^7/_{10}$ Meilen = 39070 Par. Fuß); wie viel begreiflicher also die der Erdkugel! Begreiflich ist es auch, daß wir nichts davon empfinden; denn wie sollte die vollkommene Gleichförmigkeit der Umdrehung, bei der an keinen Anstoß, Ruck rc. zu denken und mit welcher zugleich auch die Umdrehung der ganzen Atmosphäre verbunden ist, sich uns fühlbar machen?

genommen werden müssen. Die Annahme der Rotation hebt überall diese Widersprüche, als bloße Erzeugnisse eines optischen Betruges, gänzlich auf, und führt die himmlischen Erscheinungen auf die Einfachheit der Gesetze zurück, welche der Weisheit ihres erhabenen Urhebers würdig ist.

§. 59. Jährliche Bewegung der Erde.

a) Die doppelte Bewegung der Planeten, vermöge der sie sich um sich selbst drehen und zugleich, nach einer und derselben Richtung, in fast kreisrunden Bahnen unaufhörlich fortrücken, kurz: die rotatorische und die progressive Bewegung der Erde lassen sich, nach dem Grundsatze weiser Sparsamkeit, mit welcher die Natur durch die einfachsten Mittel die wichtigsten und mannigfaltigsten Zwecke erreicht, dadurch deuten, daß diese großen Körper einst einen Stoß erhielten (vergl. §. 40., b.), der sie, zugleich durch die Anziehungskraft der Sonne gefesselt, nöthigte, in geschlossenen Bahnen um diesen Centralkörper zu laufen. Ging die Richtung des Stoßes nicht genau durch den Mittelpunkt des Planeten (welche Richtung bei den Trabanten Statt gefunden zu haben scheint), so mußte der Stoß, indem er den Planeten nach der Tangente fortschleuderte, ihm, gleich einem Kreisel, zugleich eine Rotation ertheilen, die, wie jene fortschreitende Bewegung, nach den ewigen Gesetzen der Natur, mit gleichförmiger Geschwindigkeit ohne Ende fortdauern wird. Dreht sich nun die Erde um ihre Axe, so ist nichts natürlicher, als anzunehmen, daß sie, gleich den Planeten, mit der Rotation auch eine progressive Bewegung erhalten hat, und in deren Folge mit allen jenen Körpern um die Sonne läuft.

b) Wenn nun ferner, indem man nach der Analogie schließt (§. 58., a.), sich zeigt, daß der Erde, um zu den Planeten zu gehören, nur noch diese Bewegung fehlt, und es viel naturgemäßer ist, anzunehmen, daß alle Planeten um den

größten Körper des Systems laufen, um an dessen Strahlen sich gleichmäßig zu erleuchten und zu erwärmen, als daß dieser nach allen Seiten hin Licht und Wärme ausstrahlende Centralkörper mit dem ganzen großen Gefolge von Planeten und Kometen um einen dieser dunkeln Körper laufe, der noch dazu einer der kleinsten ist, wenn es insbesondere nach den unbezweifelt gewissen Gesetzen der Schwere für unmöglich gehalten werden muß, daß die Sonne, welche anderhalb Millionen mal so groß ist als die Erde, und an Masse den Stoff, aus dem alle Planeten gebildet sind, viele Hundert mal übertrifft, von der Attraction der kleinen Erde festgehalten und um sie zu laufen genöthigt werde (vergl. §. 40., f.); wenn es vielmehr gewiß ist, daß die Anziehungskraft der Sonne auf die entferntesten Planeten und Kometen hinwirkt und diese in ihren Bahnen hält, hieraus aber nothwendig folgt, daß auch die Erde, die mitten in diesem Wirkungskreise liegt, dieser allmächtigen Kraft gehorchen müsse, und daß sie mit unaufhaltsamer Gewalt in die Sonne stürzen würde, wenn sie nicht, gleich jenen Himmelskörpern, einen Kreis um die Sonne beschriebe, woraus eine Schwungkraft entsteht, die der Anziehung das Gleichgewicht hält; wenn man endlich nach dem allgemeinen Verhältnisse, welches laut des dritten Kepler'schen Gesetzes (§. 45.) zwischen den Entfernungen der Planeten von der Sonne und ihren Umlaufszeiten Statt findet, für die bekannte Entfernung der Erde von der Sonne ihre Umlaufszeit berechnet (was nach den dort gegebenen Beispielen vermittelst der Angaben in §. 41. ff., und der Tabelle in §. 45., b. leicht geschehen kann), und hieraus diese Umlaufszeit (oder die Länge des Jahres) so findet, wie sie wirklich ist; — wenn man dieses Alles in Betracht zieht, und noch dazu nimmt, was in §. 28. und 31. gesagt worden ist, so muß man es für eine hinlänglich bewiesene Wahrheit ansehen:

daß die Erde ein Planet ist, und, gleich den

übrigen Planeten, und denselben Gesetzen wie diese gehorchend, um die Sonne, als den Centralkörper aller Planetenbahnen, sich bewegt,

indem sie zugleich auf dieser ihrer Bahn*) den um sie laufenden Mond eben so mit sich um die Sonne führt, wie wir den Jupiter und Saturn ihre Monde als Trabanten auf ihren viel weitern Bahnen mit sich um die Sonne führen sehen.

c) Der erste Astronom, der die doppelte Bewegung der Erde (die Rotation und Revolution derselben) lehrte und in einem ausführlichen Werke**) bewies, war Nicolaus Copernicus (Köpernik), geb. zu Thorn in Preußen im J. 1473, gest. den 24. Mai 1543 (als Canonicus zu Frauenburg). Das nach ihm benannte, höchst einfache, System, welches die Sonne als Centralkörper aufstellt und um diesen

*) Da der Halbmesser der Erdbahn = 20 Mill. Meilen ist, so beträgt nach der Natur des Kreises der Umfang der Bahn etwa 127 Millionen Meilen, von welcher die Erde an jedem Tage gegen 347000, in jeder Stunde 14454, in jeder Minute 242, und in jeder Secunde etwas über 4 Meilen (etwa 93000 Fuß) zurücklegt. Daß wir ungeachtet dieser Geschwindigkeit (die 28mal größer ist als die des Mondes in seiner Bahn, und die Schnelligkeit einer Kanonenkugel, die erst in 60 Jahren einen dem Umfange der Erde gleichen Weg zurücklegen würde, weit übertrifft) nichts von unserm schnellen Fortrücken durch den Weltraum sinnlich verspüren, erklärt sich eben so, wie in der Anmerk. zu §. 58. b. in Betreff der täglichen Umdrehung der Erde erklärt worden ist. Wie sollten wir eine Bewegung fühlen, die im leeren Raume vor sich geht, und darin nirgends einen Widerstand (wie den der Luft) findet? Ein Anderes ist es mit dem Gesichtsinne; denn dieser verspürt allerdings die Bewegung der Erde, sowohl der täglichen als der jährlichen, an den Bewegungen der Himmelskörper eben so, wie wir eine Bewegung an den um uns her befindlichen Gegenständen, wenn wir unsern Ort gegen dieselben verändern oder uns um uns selbst drehen, wahrnehmen, oder wahrzunehmen glauben.

**) De revolutionibus orbium coelestium libri VI. fol. Norimb. 1543.

die Planeten, so weit sie damals bekannt waren, in der oben (§. 45., a.) angeführten Ordnung laufen läßt, ist seit mehr als ein paar Jahrhunderten das allgemein angenommene, ob es schon weiterhin durch die großen Entdeckungen Kepler's und Newton's (die 3 Kepler'schen Gesetze und das Newton'sche Gravitationsgesetz) eine ganz andere Gestalt gewonnen hat.

§. 60. Erklärung himmlischer Bewegungen aus der Bewegung der Erde.

a) Wenn die Erde eine kreisförmige Bahn jährlich um die Sonne beschreibt, so wird, wie Jeder sich leicht vorstellen kann, die Sonne nach eben der Richtung (von Abend nach Morgen) unter den Sternen (im Thierkreise) jährlich herumzurücken scheinen; so, daß beide Körper in der geraden Linie, die sie verbindet, an der Himmelssphäre immer um 180° von einander entfernt sein müssen. Wenn wir die Sonne z. B. in 15° ♉ (im Sternbilde des Widders) sehen, so wird man von der Sonne aus die Erde in 15° ♏ (im Sternbilde der Waage) erblicken u. s. w.; kurz, die Bahn der Erde wird, von der Sonne aus betrachtet, dieselbe sein, welche für den irdischen Beobachter die Sonnenbahn oder die Ekliptik ist.

b) Die Axe der Erde bleibt bei dieser jährlichen Umlaufsbewegung sich eben so selbst parallel, wie dieß an den Umdrehungsaxen anderer Planeten (§. 52.), auch der Sonne (§. 50., e.), und an der Axe des Saturnringes (§. 49., a., 2. u. 3.) beobachtet wird; sie ist unter einem Winkel von 66½° gegen die Ebene der Erdbahn geneigt, und der Winkel, den diese Ebene mit dem Aequator der Erde macht, ist der Schiefe der Ekliptik gleich (§. 18., a.), oder beträgt 23½°. Verlängert man die Linie durch die Durchschnittspunkte des Aequators und der Ekliptik (die Aequinoctiallinie; §. 16., c.) nach den Punkten des Himmels, die oben die Aequinoctialpunkte (ebendas.) genannt wurden, so bleibt wegen der unermeßlichen

Entfernung dieser Punkte (wie aller Punkte der Fixsternsphäre) auch diese Linie in allen Stellungen der Erde in ihrer Bahn sich selbst parallel, oder vielmehr, sie führt überall, auch in entgegengesetzten Punkten der Erdbahn, nach den an fest bestimmten Orten des Himmels angenommenen Aequinoctialpunkten (nach 0° ♈ und 0° ♎). Ferner schneidet die in Gedanken nach allen Seiten hin erweiterte Ebene des Erdäquators die scheinbare Himmelskugel in dem Kreise, den wir zuerst den Aequator des Himmels genannt haben (§. 10., a.), und dieser Kreis geht, aus dem angegebenen Grunde, in allen Punkten der Erdbahn durch dieselben Sterne. Eine Linie endlich, die man in jedem Punkte der Erdbahn senkrecht auf deren Ebene durch den Mittelpunkt der Erde sich gezogen und bis an die Himmelskugel verlängert denkt, ist, aus ebendemselben Grunde, in allen Theilen der Erdbahn die Axe der Ekliptik (eben so, als wenn sie aus dem Mittelpunkte der Erdbahn, oder vielmehr aus dem Mittelpunkte der Sonne errichtet wäre), und die Endpunkte derselben sind die, von den Weltpolen um $23^1/_2{}^0$ entfernten, Pole der Ekliptik (§. 17.).

c) Giebt es irgend eine äußere Ursache, welche auf die unter dem Aequator angehäufte Erdmasse so einwirkt, daß diese eine langsame rückwärtsgehende, den Neigungswinkel des Aequators und der Ekliptik nicht ändernde Bewegung um ihren Mittel- oder Schwerpunkt, welche eine gleiche Bewegung der Erdaxe und ihrer Pole (wie überhaupt eine langsame Umdrehung der Gesammtmasse der Erdkugel um ihren Schwerpunkt) zur Folge haben muß, erleidet,*) so werden die Durchschnittspunkte des Aequators und der Ekliptik, oder die Aequi-

*) Eine solche Ursache werden wir unten, im X. Abschnitte §. 77. b., in der Einwirkung der Anziehungskräfte der Sonne und des Mondes auf die Erdmasse kennen lernen.

noctialpunkte, auf letzterer langsam zurückweichen, und das Voreilen der Nachtgleichen (§. 23., b.) zuwege bringen; es wird hiermit das gegen das Sternjahr kürzere tropische Jahr (ebendas. b., 1. u. 2.) entstehen; Länge, Declination und Rectascension der Gestirne werden sich auch ändern (§. 24., b.); die Zeichen und Sternbilder des Thierkreises können im Verlaufe der Zeit nicht mehr mit einander übereinstimmen (§. 23., c.); die Pole des himmlischen Aequators werden sich langsam um die Pole der Ekliptik drehen, so daß der ganze Umlauf in eine Periode von fast 26000 Jahren (§. 23., b.) eingeschlossen sein wird; während dieser langen Zeit wird das Nordende der Himmelsaxe allmälig durch andere Sterne gehen, und es wird nach und nach andere Polarsterne geben u. s. w.

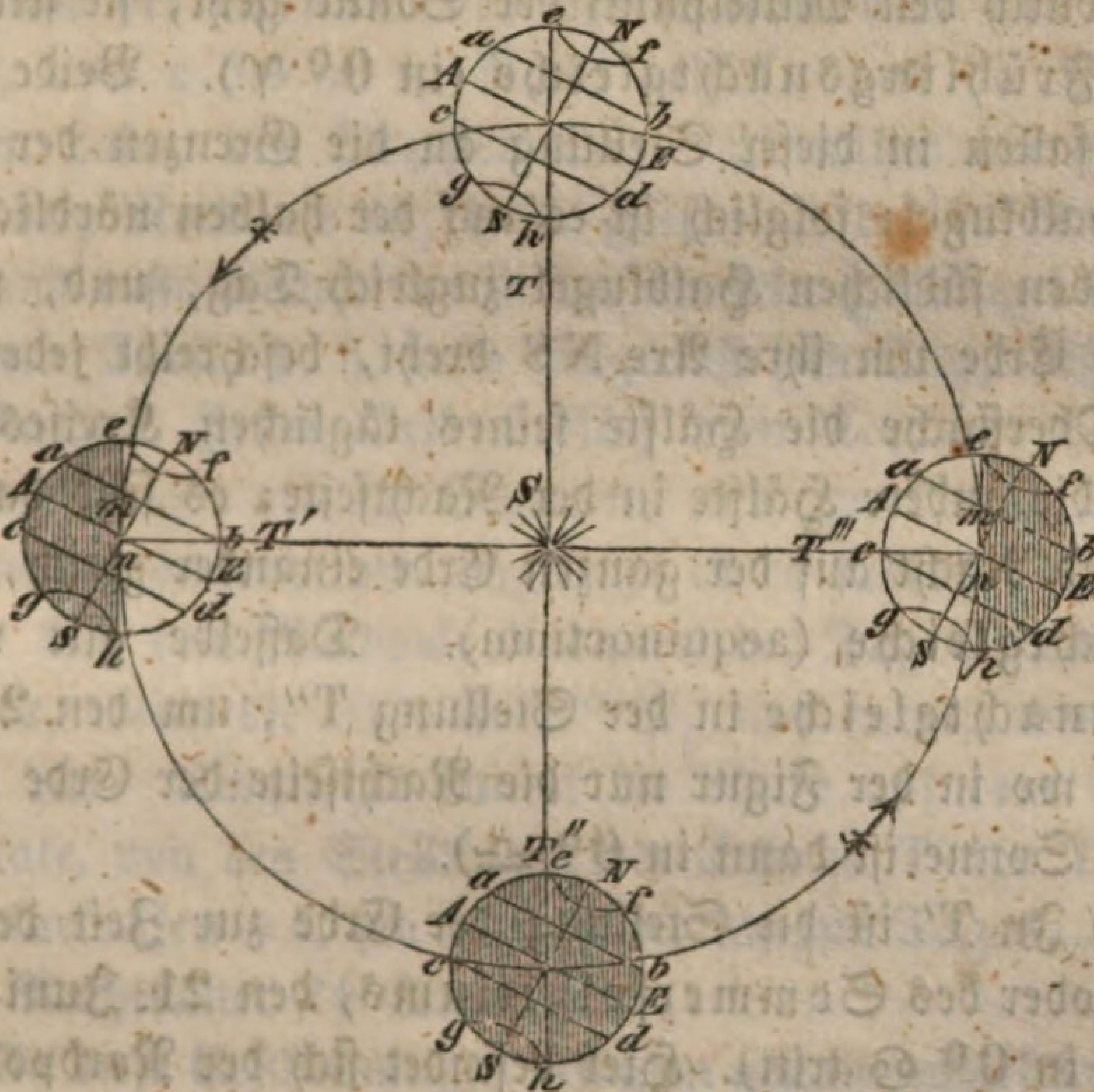
So erklären sich aus einer höchst einfachen Einrichtung — der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne, und der dabei sich (im Ganzen) immer gleichbleibenden und nur eine sehr langsame, geringe Verrückung erleidenden Lage ihrer Umdrehungsaxe — die Entstehung und gegenseitige Lage der so wichtigen, aber nur eingebildeten, Kreislinien am Himmel, des Aequators und der Ekliptik, der Aequinoctialpunkte und deren scheinbaren Verrückung mit allen den daraus entspringenden, den ältern Astronomen ganz unerklärlichen, oder auf die gezwungenste, unnatürlichste Weise von ihnen zu erklären versuchten Bewegungen und Erscheinungen am Himmel, deren Ursachen also nicht an diesem (nicht an der unermeßlichen Himmelssphäre und ihren unzählbaren Gestirnen), sondern an der kleinen Erdkugel und den ihr nach einfachen Naturgesetzen mitgetheilten Bewegungen zu finden ist.

§. 61. Entstehung der Jahreszeiten.

Insbesondere erklärt sich aus der doppelten Bewegung der Erde und aus dem Parallelismus der unter einem beständ-

digen Winkel von $66^{1}/_{2}{}^{0}$ gegen die Ekliptik geneigten Erdaxe auf eine bewunderungswürdig einfache Weise das scheinbare Auf- und Absteigen der Sonne über und unter den Aequator, und der hieraus hervorgehende Wechsel der Jahreszeiten und der Tag- und Nachtlängen in den verschiedenen Gegenden (Zonen) der Erde.

Figur 31.



a) Es sei (Fig. 31.) in S die Sonne und in T, T′, T″, T‴ die Erde in 4 Stellungen ihrer Bahn (die hier als ein Kreis erscheint), vom Frühlingsäquinoctium in T ausgegangen. Bei jeder dieser Stellungen ist NS die gehörig geneigte und unverändert nach denselben Punkten des Himmels hingerichtete Erdaxe, um welche sich die Erde täglich dreht, N der Nord-, S der Südpol, AE der Aequator, ab der nördliche, cd der südliche Wendekreis, ef und gh der nördliche und der südliche Polarkreis. — Da die um 24000 Erdhalbmesser von der Erde

entfernte Sonne S nur eine Hälfte der Erdoberfläche auf einmal erleuchten kann, nämlich die ihr zugewendete, so macht überall ein ganzer Kreis der Erdkugel, wie NASEN bei T und T″ (bei T′ und T‴ sieht man diese Kreise nur als eine gerade Linie oder als ihren Durchmesser eh) die Erleuchtungsgrenze. In der Stellung T steht die Sonne am 21. März senkrecht über dem Aequator AE, dessen erweiterte Ebene durch den Mittelpunkt der Sonne geht; sie steht daher in der Frühlingsnachtgleiche (in 0° ♈). Beide Pole N und S fallen in dieser Stellung an die Grenzen der erleuchteten Halbkugel; folglich ist es auf der halben nördlichen und der halben südlichen Halbkugel zugleich Tag, und, während sich die Erde um ihre Axe NS dreht, beschreibt jeder Punkt ihrer Oberfläche die Hälfte seines täglichen Kreises in der Tag-, die andere Hälfte in der Nachtseite; es sind daher hier Tag und Nacht auf der ganzen Erde einander gleich, oder es ist Nachtgleiche (aequinoctium). Dasselbe gilt von der Herbstnachtgleiche in der Stellung T″, um den 23. September, wo in der Figur nur die Nachtseite der Erde zu sehen ist (die Sonne ist dann in 0° ♎).

b) In T′ ist die Stellung der Erde zur Zeit des nördlichen, oder des Sommersolstitiums, den 21. Juni (wo die Sonne in 0° ♋ tritt). Hier befindet sich der Nordpol N und ein beträchtlicher Theil der Erdoberfläche in seiner Nähe bis e innerhalb der Tagseite. Da sich die Erde um ihre unverrückte Axe dreht, so bleibt dieser ganze Theil NefN (die nördliche Polarzone) beständig erleuchtet; daher ist es in diesem Punkte der Erdbahn am Nordpole immerwährender Tag, und eben so in der ganzen Zone bis e, d. h. bis zu dem Abstande von 23½° vom Pole, oder innerhalb des nördlichen Polarkreises ef. Dagegen befindet sich der entgegengesetzte Pol, oder der Südpol S nebst der ganzen Gegend SghS (der südlichen Polarzone) innerhalb des süd-

lichen Polarkreises gh, ebenfalls bis zu dem Abstande von $23^1/_2{}^0$ vom Südpole, in dieser Jahreszeit während der ganzen täglichen Umdrehung der Erde in Finsterniß, so daß es immerfort Nacht ist. Jeder andere nördliche Parallelkreis, wie der Wendekreis des Krebses ab, ist über die Hälfte bis m erleuchtet, mehr als in jeder andern Lage der Erde, und genießt den längsten Tag; dagegen liegt jeder südliche Parallelkreis, wie der Wendekreis des Steinbocks cd, über die Hälfte, von c bis n, in Nacht gehüllt, und die Bewohner desselben haben den kürzesten Tag. Je näher überhaupt ein Punkt dem Nordpole ist, desto größer ist der in der erleuchteten, und desto kleiner der in der dunkeln Halbkugel der Erde enthaltene Theil, d. h. desto länger ist sein Tag, desto kürzer seine Nacht. Jeder Ort nördlich vom Aequator hat einen Tag, der länger als 12 Stunden, und eine Nacht, die unter 12 Stunden dauert, und umgekehrt ist es südlich vom Aequator. — Auf dem Nordpole N dauert der Tag 6 Monate; er bricht an, wenn die Erde in T‴ ist, und endet, wenn sie T′ erreicht hat. Umgekehrt dauert die Nacht auf dem Südpole 6 Monate, von den Stellungen der Erde in T′ bis T‴. Auf den Polarkreisen ef, gh beträgt die längste Tages-, und die längste Nachtdauer 24 Stunden.

Alle diese Erscheinungen erfolgen genau umgekehrt, wenn die Erde zu dem entgegengesetzten Punkte ihrer Bahn, nämlich nach T‴, um den 23. December (wo die ☉ in 0° ♑ steht), gekommen ist.*)

---

*) Viel deutlicher wird man sich die Entstehung der Jahreszeiten (die allerdings eine Figur auf dem ebenen Papiere nicht ganz anschaulich darstellen kann) durch eine Vorrichtung machen, die der oben (§. 49., Anmerk. zu b.) in Betreff des Saturnringes beschriebenen ähnlich ist, wenn man der Axe sn (Fig. 28. b.) die gehörige Neigung und Richtung giebt, oder hierzu eine besondere Axe aufsteckt, die eine Erdkugel von ein paar Zoll im Durchmesser trägt, auf der man den Aequator, die Wende- und Polarkreise in ge-

c) Der Theil der Erdoberfläche zwischen den Wendekreisen ab und cd heißt bekanntlich die heiße Zone, weil die Sonnenstrahlen hier fast immer senkrecht auf die Erdfläche auffallen, und daher eine sehr bedeutende Hitze hervorbringen.

Die Theile, welche zwischen den Wendekreisen und den Polarkreisen ef und ab, cd und gh liegen, haben eine gemäßigte Temperatur, weil hier die Sonne nicht so weit zum Zenith herauf kommt, wie in der heißen Zone; man nennt sie daher die beiden gemäßigten Zonen.

Den Theilen der Erdoberfläche endlich, welche von den Polarkreisen ef, gh eingeschlossen werden und den Pol in der Mitte haben, bleibt die Sonne am weitesten von dem Zenith entfernt, so daß sie dort die geringste Hitze bewirkt; sie heißen daher die beiden kalten Zonen.

Die Temperatur in den verschiedenen Zonen wird jedoch zugleich von den Tag- und Nachtlängen, so wie theilweise

---

hörigen Abständen, und die Ekliptik wie auf einem Erdglobus gezeichnet hat. Steht die Lichtflamme mit dem Mittelpunkte der nach und nach in einem zu diesem Behufe auf dem Tische ꝛc. gezogenen Kreise herumgeführten kleinen Erdkugel in gleicher Höhe, und läßt man die Axe sich stets parallel bleiben, so wird man deutlich sehen (zumal wenn man in allen Lagen der Erde ein ganz kleines, auf einem Drahte ꝛc. aufgestecktes, Kügelchen so vor die kleine Erdkugel hinstellt, daß es, zur Bezeichnung der Sonnenhöhe, seinen Schatten auf dieselbe wirft), wie die Sonne jährlich 2mal im Aequator steht und diesen, bei Umdrehung der Kugel, durchläuft, wie sie dann einmal über den Aequator herauf nach Norden, das andere mal herab nach Süden bis zu dem einen und dem andern Wendekreise rückt, hier gleichsam Stillstand macht, darauf wieder umkehrt u. s. w. Man kann sich hierzu auch des künstlichen Erdglobus selbst bedienen. Am allerschnellsten und sichersten führt jedoch auch hier das Tellurium zum Ziele, nach der Anleitung in den Erläuterungen zu der Schrift „das veranschaulichte Weltsystem ꝛc.“ Wer sollte sich übrigens nicht freuen, einzusehen, worauf die Erfüllung jener ehrwürdigen, uralten Verheißung beruht: „So lange die Erde steht, soll nicht aufhören ꝛc. Sommer und Winter, Tag und Nacht?“ (1. Mos. 8, 22.)

von localen Umständen bedingt, wie in der physischen Geographie gelehrt wird. Von jenen erstern Umständen aber (der großen Schiefe, unter welcher die Sonnenstrahlen im Winter auf die Erde fallen, und dem kürzern Verweilen der Sonne über dem Horizont) hängt es wesentlich ab, daß, obgleich die Sonnennähe (§. 27., c.) in unsern Winter fällt, und zu dieser Jahreszeit die Sonne uns um 1/30 ihrer Entfernung, etwa um 700000 Meilen, näher ist als im Sommer, doch die Temperatur zur Sommerszeit viel höher ist als in der erstern Zeit, daß überhaupt und im Allgemeinen die größere oder geringere Entfernung der Sonne ohne Einfluß auf den mittlern Grad von Kälte oder Wärme bleibt, der die einzelnen Zonen charakterisirt.

d) Da die Erde in einer elliptischen Bahn um die Sonne läuft, so findet Alles, was oben (§. 27. und 28.) von dem elliptischen Laufe der Sonne, und von den ungleichen Abständen und der ungleichen Bewegung derselben in ihrer Bahn gesagt worden ist, auf die Erde Anwendung. Die Erdbahn hat also ihre große Axe (die Apsidenlinie), und in dieser ihr Perihelium und Aphelium, ihren kleinsten und ihren größten Abstand von der Sonne, ihre schnellste Bewegung, wenn sie sich im Perihelium, die langsamste, wenn sie sich im Aphelium befindet u. s. w. Nun fallen die Punkte M und N des Periheliums und des Apheliums (in Fig. 13. S. 67., wenn wir in dieser Figur die Sonne in dem Brennpunkte O, und MmNnM für die elliptische oder excentrische Bahn der Erde annehmen) nahe mit den Solstitialpunkten zusammen, indem sowohl das Aphelium N, als das Perihelium M nur $9^1/_2{}^0$ von dem einen und dem andern jener Punkte entfernt ist.*) Daraus entspringt ein für uns nicht unerheblicher

---

*) Astronomisch ausgedrückt ist die (von dem Frühlingspunkte oder 0° ♈ an gerechnete) Länge des Periheliums M 99° 30′ 28″, so daß dieser

Unterschied in der Dauer der Winters- und Sommerszeit. Es verfließen nämlich, weil sich die Sonne zwischen dem Frühlings- und Herbstäquinoctium langsamer bewegt, in dieser Zeit also einen größern Theil ihrer Bahn durchläuft, zwischen dem Herbstäquinoctium und dem Frühlingsäquinoctium aber schneller, also auch durch einen kleinern Theil ihrer Bahn läuft, — es verfließen

1) zwischen der Frühlingsnachtgleiche und dem Sommersolstitium im Mittel	92 Tage 22 St.
2) zwischen dem Sommersolstitium und der Herbstnachtgleiche	93 Tage 14 St.
zusammen	186 Tage 12 St.
3) zwischen der Herbstnachtgleiche und dem Wintersolstitium	89 Tage 17 St.
4) zwischen dem Wintersolstitium und der Frühlingsnachtgleiche . . .	89 Tage 1 St.
zusammen	178 Tage 18 St.,

so daß das Sommerhalbjahr um 7¾ Tage länger ist als das Winterhalbjahr.

§. 62.

a) Unordentlicher Lauf der Planeten. — Wie daraus, daß die Erde mit den Planeten zugleich um die Sonne, und während dieses Laufes mit denselben bald nach einerlei, bald in entgegengesetzter Richtung rc. läuft (was nothwendig durch die Verschiedenheit der Umlaufszeiten bewirkt wird), wie sich hieraus auf die ungezwungenste Weise die anscheinlich so regellosen Bewegungen der Planeten, ihr Vor- und Rück-

Punkt, von der Sonne in O ausgesehen, im 10ten Grade des Zeichens des Krebses, also gegen 10° östlich vom Solstitialpunkt entfernt liegt, was man leicht auf das Aphelium und den Wintersolstitialpunkt anwenden kann.

wärtsgehen, ihr bisweiliger Stillstand ꝛc. erklären lassen, ist schon oben, in Betreff der untern Planeten in §. 41., der obern in §. 43. b., bemerklich gemacht worden. Gerade diese anscheinlichen Verworrenheiten zeigen uns unsere eigene Bewegung am deutlichsten, und sie waren es hauptsächlich, wodurch Copernicus auf die Bewegung der Erde hingeführt und zur Verwerfung des von ihm mit Recht so unnatürlich gefundenen Ptolemäischen Systems bewogen ward.

Mit gleicher Leichtigkeit läßt sich aus den vereinigten Bewegungen der Erde und der Planeten erklären, woher die synodischen Umläufe (§. 41. und 43., und Anhang zu §. 41., d.) entstehen, und warum diese mit der zunehmenden Entfernung der Planeten immer kleiner werden (§. 43., c.). Andere Ungleichheiten finden ihre Erklärung in der elliptischen Bewegung der Erde (vergl. §. 44., b.), die zu des Copernicus Zeit noch nicht bekannt war.

b) Parallaxe der Erdbahn. — Aber nicht begreiflich hat es Vielen scheinen wollen, daß, wenn die Erde in ihrer Bahn nach und nach Stellungen einnimmt, die von einander sogar um den ganzen Durchmesser der Erdbahn, also um eine Entfernung von etwa 42 Millionen Meilen (§. 31., a.) verschieden sein können, hierdurch keine Veränderung in der Lage der Fixsterne bewirkt wird, daß z. B. auf solchen entgegengesetzten Stellen der Bahn die in Gedanken bis an die Fixsternsphäre verlängerte Erdaxe nicht nach andern Sternen sich hinrichtet, daß also namentlich in verschiedenen Jahreszeiten nicht verschiedene Polarsterne den Nordpol des Himmels einnehmen, oder ihm, wie der jetzige Polarstern, ganz nahe kommen.

Gäbe es, in Folge der Ortsveränderungen der Erde auf ihrer weiten Bahn eine solche Verrückung*) des Orts der

*) Nach dem Bisherigen ist eine Parallaxe der Fixsterne nicht anzunehmen gewesen; wir hatten aber auch noch keine Basis kennen lernen,

Sterne (man nennt sie die jährliche Parallaxe der Fixsterne, oder die Parallaxe der Erdbahn; vergl. §. 29.), so müßte sich diese allerdings bei der Feinheit und Schärfe der neuern Beobachtungen schon längst bemerklich gemacht haben.

Wir wollen annehmen, in Fig. 15., S. 77., sei AB der Durchmesser der Erdbahn um die Sonne S; die Erde bewege sich in ihrer kreisförmigen Bahn (die eben hier nur in ihrem Durchschnitt AB erscheint) von A nach B, und dann auf der andern Seite von B nach A; SC sei die Axe, in C der Pol der Ekliptik (oder der Erdbahn), und in oder nahe bei demselben ein gewisser Stern. Zieht man nun in Gedanken durch diesen Stern von der Erde aus eine ins Unendliche verlängerte gerade Linie, die sich um den Stern als einen festen Punkt so dreht, daß ihr unteres Ende der Erde auf ihrer Bahn folgt, mithin einen Kreis um die Sonne beschreibt, so wird offenbar das obere Ende einen ähnlichen Weg an der Himmelssphäre um den Pol C beschreiben, und da unser Auge den Stern immer in der Richtung gedachter Linie sieht, oder ihn an den Ort der Himmelskugel versetzt, wo eben diese Linie hintrifft, so wird uns der Stern einen Kreis an der Sphäre zu beschreiben scheinen, dessen Durchmesser DE uns unter eben dem Winkel wie die Erdbahn einem Auge in C erscheint (denn ACB und DCE sind, als Scheitelwinkel, einander gleich), folglich desto kleiner und unmerklicher, je weiter der Stern entfernt ist. Bei dieser Ortsveränderung des Sterns müßte auch dessen Breite (Abstand von der Ekliptik) und der Abstand vom Zenith sich ändern, oder nach den verschiedenen Stellungen der Erde in ihrer Bahn verschieden sein. Andere, in der Ekliptik oder zwischen dieser und dem Pole der Ekliptik

---

die groß genug zu einer dießfallsigen Messung und Berechnung gewesen wäre.

stehenden Sterne würden ebenfalls Veränderungen ihrer Lage, theils in der Länge, theils in der Breite, die den Beobachtungen nicht entgehen könnten, erleiden müssen. Der große englische Beobachter Bradley (geb. 1692., gest. zu Greenwich 1762.) stellte solche Beobachtungen zuerst an; aber aller dabei aufgewendeter Scharfsinn und Fleiß gab kein anderes Resultat, als: daß die jährliche Parallaxe der Fixsterne ganz unmerklich ist, daß also, da wir keine größere Basis für die Bestimmung dieser Parallaxe ausfindig machen können, die Entfernung der Fixsterne für uns im eigentlichen Sinne unermeßlich und der ganze Durchmesser der Erde gegen dieselbe für nichts zu erachten ist.

c) Entfernungen der Fixsterne. — So viel ist unter den Astronomen ausgemacht, daß, wenn die jährliche Parallaxe (die seit Bradley an vielen Sternen mit großer Beharrlichkeit beobachtet worden ist) bei irgend einem Fixsterne nur eine Secunde (etwa $^1/_{1920}$ des scheinbaren Sonnendurchmessers) betrüge, dieselbe der Beobachtung nicht entgehen könnte. Angenommen nun, daß die Parallaxe eines Fixsterns 1 Secunde groß gefunden worden sei, so würde daraus die Entfernung des Sterns nach gewöhnlichen trigonometrischen Regeln *) hergeleitet, und gefunden werden, daß CS (Fig. 15.) über 200000 (genauer: 206200) mal größer, als die Sonnenweite SA ist, d. h. daß die Entfernung des Sterns 200000mal 20 Millionen, also 4 Billionen Meilen beträgt. Diese Entfernung ist demnach die geringste, die bei einem Fixsterne angenommen werden kann. Wäre die Parallaxe geringer als eine Secunde, z. B. nur $^1/_3''$ oder $^1/_8''$, so würde die Entfernung, welche wächst, wie die Parallaxe abnimmt, für die betreffenden Sterne auf $\frac{200000}{^1/_3}$ und $\frac{200000}{^1/_8} = 600000$ und

*) Man sehe Kl. math. Handb. §. 34.

1600000 Sonnenweiten steigen.*) Es ist ein sehr natürlicher Gedanke, daß bei der unzählbaren Menge der Fixsterne ein stufenweises Höhersteigen der Abstände Statt findet, so daß der Ausdruck „unermeßliche Entfernung" zur vollen Wahrheit wird, Selbst in jenen Zahlen für die wahrscheinlich unserm Sonnengebiete noch am nächsten stehenden Fixsterne verliert sich die Einbildungskraft. Dieser kann nur die Schnelligkeit des Lichts, das, wie wir gesehen haben (§. 47. c., 2.), in einer Secunde gegen 42000 Meilen durchläuft, noch einigermaßen zu Hülfe kommen. Nach der wahrscheinlichsten Berechnung braucht nämlich das Licht zum wenigsten 3 Jahre, um von dem nächsten Fixsterne zur Erde zu gelangen. Welche Entfernungen müssen wir nun zugeben für jene zahllosen Sterne von den geringsten scheinbaren Größen, die die Fernröhre noch sichtbar machen? Wenn man annimmt, daß das Licht eines Sterns von irgend einer Größe die Hälfte des Lichtes eines Sternes von der nächst vorhergehenden Größe ist, so ergiebt sich, daß ein Stern erster Größe auf eine 362 mal größere Entfernung hinausgesetzt werden muß, um wie ein Stern 16ter Größe zu erscheinen. Hieraus folgt, daß es unter der unzählbaren Menge teleskopischer Sterne viele geben wird, deren Licht einen Zeitraum von tausend und mehreren tausend Jahren gebraucht, um unser Auge zu erreichen, so daß mithin das, was wir an ihnen sehen, nur das

*) Es ist leicht einzusehen, welche, fast unglaubliche, Genauigkeit und Mühsamkeit der Messung zur Bestimmung so kleiner Parallaxenwerthe, wie die zuletzt genannten sind, erforderlich ist; und doch haben Struve (zu Dorpat) und Bessel (gest. im vorigen Jahre zu Königsberg), indem sie, wie in neuester Zeit geschieht, die Beobachtungen an sogenannten Doppelsternen anstellten, obige Werthe von 1/3″ und 1/8″ für die Sterne 61 im Schwane, und α in der Leyer gefunden, und hiermit das Mittel gegeben, die Entfernungen der betreffenden beiden Sterne auf 12 Billionen und 32 Bill. Meilen zu setzen.

ist, was sie vor tausend ꝛc. Jahren waren. — Wie die Entfernungen, so müssen auch die wirklichen Größen der Fixsterne von außerordentlicher Verschiedenheit sein, und es giebt sichere Gründe, zu glauben, daß keine derselben geringer als die unserer Sonne, die der allermeisten aber viel beträchtlicher sei, daß z. B. Sirius (dessen Entfernung wenigstens 200000mal größer von den Astronomen angenommen wird, als die Entfernung der Sonne von uns; welche Entfernung man eine Sirius- oder Sternweite nennt) hinsichtlich seines Lichtglanzes, also auch seiner wirklichen Größe, unsere Sonne vierzehnmal übertreffe.

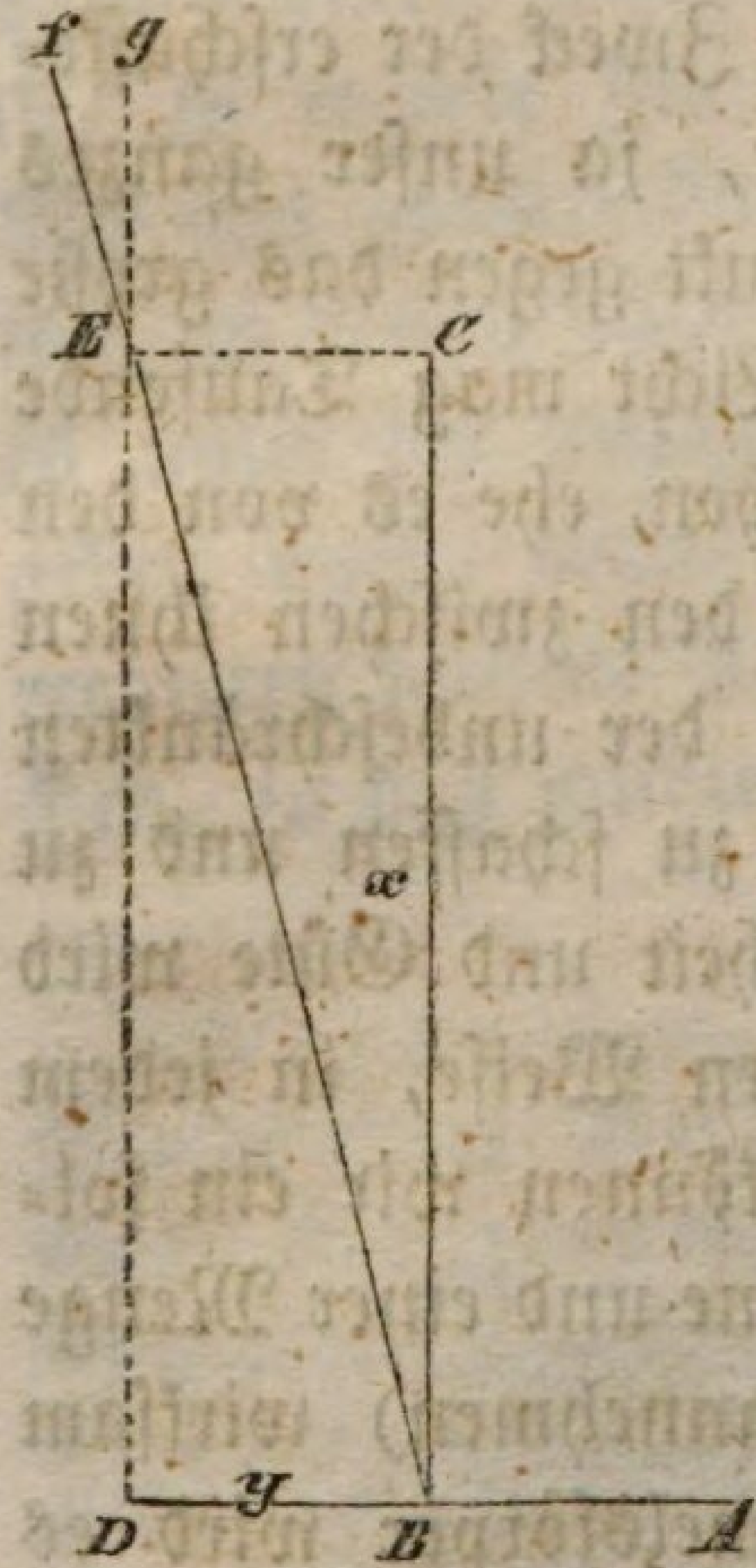
d) So unbegreiflich es nun auch scheint (vergl. b.), daß gegen die Entfernung der Fixsterne der Durchmesser der Erdbahn völlig verschwindet, so kann dieß für uns kein Grund sein, die jährliche Bewegung der Erde zu bezweifeln; denn nicht nach unsern dürftigen Erfahrungen von dem, was groß erscheint, sondern nach den Begriffen, die wir von Gottes Allmacht und Weisheit uns zu machen berechtigt sind, haben wir die Ausdehnung des Weltalls, so wie den Zweck der erschaffenen Welten, zu beurtheilen. Die Erde, ja unser ganzes Sonnensystem mag also immerhin ein Punkt gegen das große Ganze (das Universum) sein, und das Licht mag Tausende und Hunderttausende von Jahren gebrauchen, ehe es von den entfernten und entferntesten der Fixsterne den zwischen ihnen und uns befindlichen Raum durchdringt; der unbeschränkten Macht des Unendlichen war dieses Alles zu schaffen und zu ordnen nicht unmöglich, und seine Weisheit und Güte wird überall, wenn auch in der mannigfaltigsten Weise, in jedem Sonnensysteme (denn in jedem Fixsterne können wir ein solches, zusammengesetzt aus einer Centralsonne und einer Menge mit ihr verbundener Planeten u. s. w., annehmen) wirksam sein; im kleinsten wie im größten Himmelskörper wird es Einrichtungen und Wesen geben (vergl. §. 51. b. und §. 56.),

welche „die Ehre Gottes erzählen und seiner Hände Werke verkündigen.“ (Psalm 19., 2.)

§. 63. Abirrung des Lichts der Firsterne.

Als Bradley die jährliche Parallaxe der Firsterne suchte (sie aber an keinem derselben fand), entdeckte er eine andere, in einen jährlichen Kreislauf eingeschlossene, der Wirkung der Parallaxe gerade entgegengesetzte Verrückung an allen Firsternen, welche Länge oder Breite sie auch haben mochten; man nennt sie die Abirrung des Lichts (Aberration). Diese regelmäßige Ortsveränderung muß bei allen Gestirnen Statt finden, wenn 1) die Erde sich um die Sonne bewegt; wenn 2) das Licht (wie nach §. 47. c., 2. ausgemacht ist) den Halbmesser der Erdbahn in 8 Min. 13 Sec. durchläuft, und wenn 3) die Schnelligkeit desselben sich zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn wie 10313 zu 1 verhält.

Figur 32.



a) Es sei nun BD (Fig. 32.) ein Bogenstück der Erdbahn, und senkrecht über der Ebene der Erdbahn, also in oder ganz nahe bei dem Pole der Ekliptik ein Stern C. Befände sich in B die Erde (also auch das Auge) in Ruhe, so gelangte das Licht vom Sterne in das Auge nach der Richtung CB, eben so wie einem auf der Fläche AB in B unbeweglich stehenden Menschen die bei völliger Windstille von C herabfallenden Regentropfen in der senkrechten Richtung CB auf den Scheitel fallen würden. Wenn aber das Auge von A nach B in Bewegung ist und das Licht von dem Sterne sich in einer Secunde mit einer Geschwindigkeit bewegt, welche sich zu der des Auges wie CB zu AB,

also wie **10313** zu **1** verhält, so stoßen Lichtstrahl und Auge mit einer diesem Verhältnisse gleichen Geschwindigkeit in B zusammen, und das Licht von dem Sterne wird, in Folge dieses Zusammentreffens (indem das von A herkommende Auge in B gleichsam einen Stoß gegen dasselbe ausübt) eben so in B von der senkrechten Richtung BC hinweg=, und nach der schrägen Richtung BE gleichsam hingetrieben, wie die von C herabfallenden Regentropfen einem in B von A her in heftigem Laufe ankommenden Menschen nicht mehr in gerader Richtung auf den Scheitel fallen, sondern in schräger Richtung, wie EB ins Gesicht schlagen. Wie letzterer nun das Gefühl hat, als kämen ihm die Wassertropfen wirklich nicht senkrecht von oben herab, sondern schräg von der Seite, und zwar von der Seite her, nach welcher hin sein Lauf gerichtet ist, in die Augen; so hat auch das auf der Erdbahn in B von A her mit großer Geschwindigkeit ankommende Auge die Empfindung, als sähe es den Stern nicht nach der senkrechten Richtung BC, sondern nach der schrägen BE, und zwar nach der Seite hin abgelenkt, nach welcher hin der Lauf der Erde gerichtet ist. Diese, wie man sieht, nur scheinbare (optische) Ortsverrückung, wird in der That an allen Sternen wahrgenommen, und muß, wenn obige Voraussetzungen gegründet sind, wahrgenommen werden, jedoch bei den einzelnen Sternen, nach Maaßgabe ihres Ortes am Himmel (ihrer Breite und Declination) in verschiedener Weise.

b) Kürzer und mathematisch=bündiger wird die so eben (unter a.) gegebene Erklärung, wenn man sie auf den Lehrsatz von dem „Parallelogramm (oder der Zusammensetzung) der Kräfte und Bewegungen" gründet.

Wenn nämlich auf einen Körper in B (Fig. 32.) zwei Kräfte zugleich wirken (oder ihm gleichzeitig, wie in einer Secunde, zwei Bewegungen mitgetheilt werden), und deren Stärke in solchem Verhältnisse steht, daß, wenn jede für sich

allein wirkte, die größere x den Körper B in einer Sec. nach BC, die kleinere y durch B treiben würden, so muß er offenbar durch die vereinigte Wirkung beider Kräfte eine mittlere Bewegung BE erhalten, die weder mit BC noch mit BD in Größe und Richtung übereinkommt, sondern zwischen beide fällt. Es ist eben so, als ob der Körper durch die Kraft x erst nach BC, und dann durch die Kraft y nach BD, oder vielmehr, weil er nun nicht mehr in B, sondern in C ist, durch CE, welches mit BD parallel ist, geführt würde. Der Körper hat also wirklich die Linie BE durchlaufen, die, wenn man noch DE parallel mit BC zieht, nichts anderes ist als die Diagonallinie des Parallelogramms BCED, dessen beide Seiten BC = DE, und BD = CE die Richtung und verhältnißmäßige Stärke beider Kräfte x und y ausdrücken; und das nun nennt man das Parallelogramm der Kräfte (oder Bewegungen). — Im vorliegenden Falle ist also die Diagonale BE die Richtung, nach welcher hin wir einen Stern sehen, dessen Licht in der Richtung CB in das Auge gelangt, hier aber von letzterm, vermöge der von A nach B gerichteten Bewegung der Erde, nach BD = AB fortgestoßen wird.

c) Nehmen wir jetzt an, daß in Fig. 33. die Erde um die Sonne S nach ABCDA um die Sonne laufe, so werden alle Gesichtslinien nach einem Fixstern f, der in der erweiterten Ebene der Erdbahn, also in der Ekliptik, steht, seiner unermeßlichen Entfernung wegen, von allen Punkten der Erdbahn, selbst von den Endpunkten A und C des ganzen Durchmessers derselben aus, parallel laufen; es wird also die Richtung Af′ und Cf″ nach dem Fixsterne f dieselbe sein, welche sie in B ist, oder von allen Punkten der Erdbahn aus erscheint der Stern (ohne die Aberration) an demselben Orte in der Ekliptik. Im Punkte B ist der Stern mit der Sonne in Opposition, in D mit derselben in Conjunction. Die

Figur 33.

Punkte A und C sind die Quadraturen des Sternes (von wo aus man den Stern früh und Abends 6 Uhr culminiren sieht). In diesen beiden Punkten rückt die Erde in gerader Linie auf den Stern zu oder von ihm ab, und es kann da eine Ortsveränderung desselben nicht Statt finden; vielmehr wird von A und C aus der Stern an seinem wahren (dem mittlern) Orte gesehen, und er scheint hier still zu stehen. Rückt aber die Erde in ihrer Bahn von A nach B hin, so fängt der Stern an, sich zur Linken hin, oder östlich von seinem wahren Orte zu entfernen, und diese Entfernung (Veränderung der Länge) beträgt nach allen Beobachtungen in B, oder in der Opposition, wo die Richtung des Lichtstrahls senkrecht auf der Richtung ist, nach welcher die Erde läuft, 20 Secunden. Ist die Erde hingegen bis zur Conjunction D gekommen, so hat sich der Stern um eben so viel Secunden nach der Rechten hin, oder westlich von seinem wahren Orte entfernt, ist also überhaupt während eines ganzen Jahres in einer geraden Linie von 40 Secunden abgeirrt, oder hat vermöge der Abirrung eine Längenverschiedenheit von 40″ gezeigt.

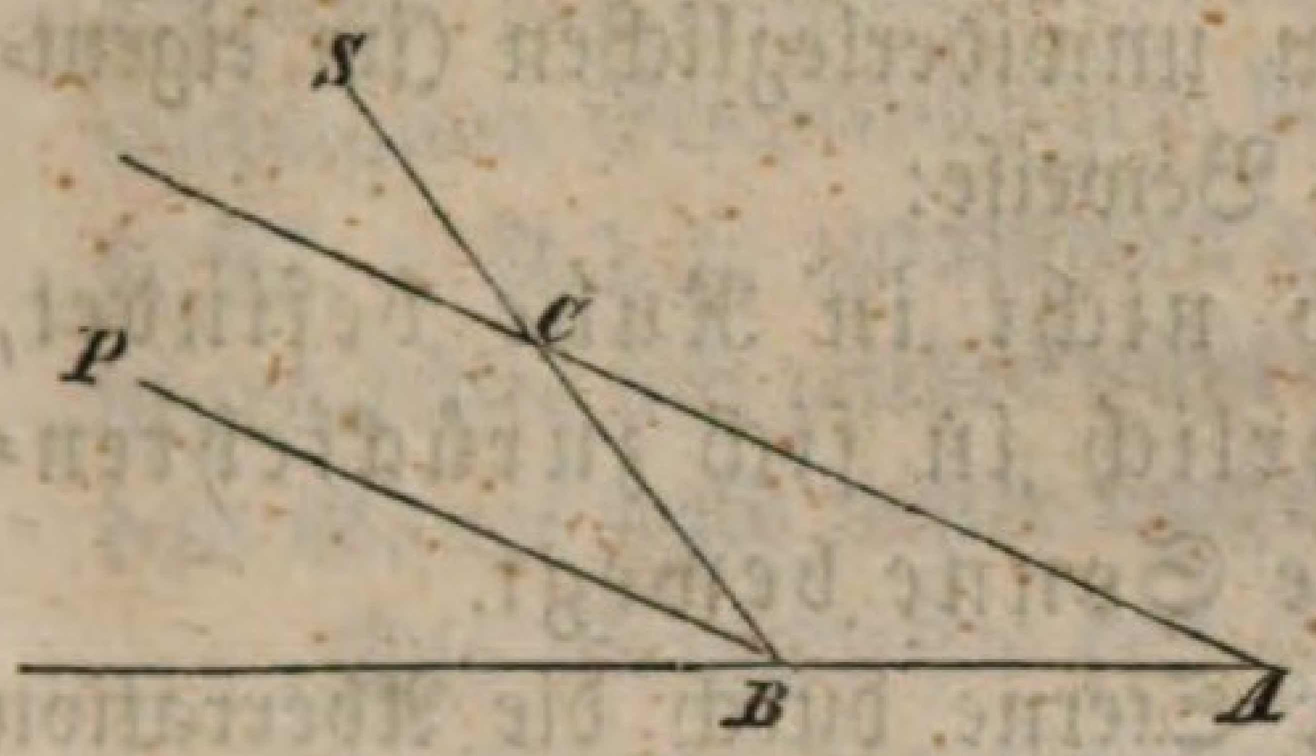
d) Ein anderer, und zwar dem eben betrachteten entgegengesetzter, Fall ist der, wenn ein Stern seine weiteste Entfernung von der Ekliptik (größte Breite) hat, oder im Pole der Ekliptik steht, wie schon unter a) angenommen worden ist. Es sei in Fig. 32. C dieser Pol. Da ein in demselben stehender Stern sein Licht senkrecht, und zwar, wegen der gegen den ganzen Durchmesser der Erdbahn unendlich großen Entfernung des Sterns, in allen Punkten der Erdbahn gleich

senkrecht herabsendet, so stößt die Erde, oder das Auge, auch überall rechtwinklig mit dem Lichtstrahle zusammen, und der Stern wird demnach eben so überall von seinem eigentlichen Orte, dem Pole der Ekliptik, gleich weit abgerückt erscheinen, was ebenfalls nach den Beobachtungen 20″ beträgt, so daß der Stern einen Aberrationskreis von 20″ in Halbmesser, oder von 40″ in Durchmesser, alljährlich zu beschreiben scheinen muß.

e) Nehmen wir in Betreff der Lage eines Sterns noch einen dritten Fall an, nämlich den, daß ein Stern weder in der Ebene, noch im Pole der Ekliptik, sondern zwischen beiden steht (eine Breite zwischen 0° und 90° hat), so kann die Abirrung weder als eine gerade Linie (wie unter c.), noch als ein Kreis (wie unter d.) sich zeigen, sondern sie muß sich unter der Gestalt einer mehr oder weniger schmalen Ellipse zeigen; was ebenfalls durch alle Beobachtungen bestätigt wird. Aus diesen geht hervor, daß die große Axe aller dieser, nach der Breite eines Sternes verschiedenen, Ellipsen 40″ beträgt, die kleine Axe aber von 0 bis ebenfalls 40″ (also bis zum Werthe der großen Axe) wachsen kann.

f) Setzen wir (in Fig. 32.) den Stern E von D aus nach g, und von B aus nach f der unermeßlich weit ausgedehnten Himmelssphäre hinaus, so ist, den gegebenen Erklärungen zufolge, fEg = BED = EBC der Aberrationswinkel, der eben bei allen Sternen = 20″ gefunden wird. Da nun das Vorhandensein dieses Winkels keinem Zweifel unterliegt, so müssen auch die oben (§. 63. zu Anfange) gemachten Voraussetzungen, nach welchen eine solche Ortsverrückung der Sterne anzunehmen ist, völlig gegründet sein. Bewegt sich nämlich die Erde um die Sonne, und verhält sich die Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Bewegung der Erde wie **10313** zu **1**; so muß eine Abirrung des Lichtes

Figur 34.



Statt finden und, wie die Trigonometrie lehrt,*) bei dem angegebenen Verhältnisse der jene Geschwindigkeiten und Wege ausdrückenden Seiten CB und BD des Parallelogrammes BCED, der Winkel fEG = DEB, auch wenn der Stern nicht senkrecht auf der Ekliptik steht, also die Seite BC gegen dieselbe geneigt ist, die Abirrung immer 20″ betragen, oder der Aberrationswinkel muß = 20″ sein. Diese Uebereinstimmung der Beobachtung mit der Berechnung bestätigt nicht nur die von Römer und

---

*) Es verhält sich nämlich in Fig. 32. die Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde, oder DE zu DB, wie 1 (oder der Radius) zum Sinus von 20″. Nun ist $\frac{1}{\sin 20''} = 10313$ (genauer 10313,240); folglich ist sin. 20″ der Aberrationswinkel BED, welcher obigem Zahlenverhältnisse entspricht. (Kl. math. Handb. S. 101.) Der Winkel von 20″ ist es nun auch, um welchen die optische Axe des nach einem Sterne gerichteten Fernrohres von der wahren Richtung des Sternes abweicht. — Auch wenn die Richtung der Bewegung der Erde nicht (wie in Fig. 32. angenommen ist) senkrecht auf die Gesichtslinie ist, findet ein ähnlicher Schluß Statt. Wenn BS (Fig. 34.) die wahre Richtung der Gesichtslinie, und AC die Lage ist, in welcher das Fernrohr nach der scheinbaren Richtung gehalten werden muß, so hat man noch immer das Verhältniß: BC verhält sich zu BA, wie die Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde, oder wie 1 (der Radius) zum Sinus von 20″. Aber nach trigonometrischen Grundsätzen verhält sich auch BC zu BA, wie der Sinus von BAC zum Sinus von ACB = CBP, welcher letztere Winkel die scheinbare Verrückung des Sehestrahls in Folge der Aberration ausdrückt. Hieraus ergiebt sich, daß der Sinus der Abirrung (oder, da der Winkel äußerst klein ist, die Abirrung selbst) dem Sinus des Winkels proportional ist, welchen die Bewegung der Erde im Raume mit der Gesichtslinie macht; daß daher die Abirrung ihr Maximum erreicht, wenn die Gesichtslinie auf der Richtung der Bewegung der Erde senkrecht ist.

Cassini gemachte Entdeckung von der Schnelligkeit der Lichtfortpflanzung (§. 47., c. 2.) auf eine überraschende Weise, sondern sie dient auch zu einem unwiderleglichen (im eigentlichen Sinne augenscheinlichen) Beweise:

daß unsere Erde sich nicht in Ruhe befindet, sondern in einer jährlich in sich zurückkehrenden Bahn sich um die Sonne bewegt.

g) Die Ortsverrückung der Sterne durch die Aberration macht, daß man den wahren Ort derselben corrigiren muß, um den scheinbaren zu finden (was auch bei der Sonne und den Planeten rc. nöthig ist). Dieß geschieht mit Hülfe besonderer Tafeln (Aberrationstafeln), aus welchen man die Anzahl von Secunden entnimmt, die man zu der wirklichen Länge und Breite eines jeden Sternes zu addiren, oder davon zu subtrahiren hat. Die Angaben dieser Tafeln würden nicht zuverlässig sein (wie sie es in der That sind), wenn die Theorie von der Bewegung der Erde und der Schnelligkeit des Lichtes, auf die sie der Scharfsinn der Astronomen gegründet hat, nicht vollkommen richtig wäre.

Neunter Abschnitt.

Wahre Einrichtung des Sonnensystems. Das Weltsystem (Universum).

§. 64. Gegenstand dieses Abschnitts.

Da wir jetzt (nach den Erörterungen in §. 57.—63.) nicht mehr bezweifeln können, daß, wie uns schon im Verlauf der frühern Betrachtungen immer wahrscheinlicher wurde, die Erde, gleich den Planeten, sich um die Sonne bewegt, und also selbst ein Planet ist (vergl. §. 59., b.); so finden wir uns in den Stand gesetzt, das was wir von den

wirklichen Bewegungen der mit unserer Sonne zu Einem Systeme vereinigten Körper, und von den davon abhängenden wichtigsten Erscheinungen bereits kennen gelernt haben (vergl. §. 57. z. A.), so zusammen zu fassen und zu ergänzen (denn Einiges hätte sich zeither nicht völlig klar machen lassen), daß wir das Ganze nach seiner wahren Verfassung überschauen können.

Die Grundlehre des Copernicanischen Systems, vermöge der die Sonne das Centrum aller Planetenbahnen (auch der Bahn unserer Erde) einnimmt, und die Planeten in der oben (§. 45., a.) nachgewiesenen Ordnung um diesen Centralkörper in verhältnißmäßigen Abständen und Zeiten sich bewegen, hat erst durch die Kepler'schen Gesetze eine festere Begründung und die Entwickelung erhalten, durch welche die Theorie der Planetenbewegungen (nach Hinzutritt der großen Newton'schen Entdeckung) zu einer Vollkommenheit gebracht worden ist, deren sich kein anderer Theil der Naturwissenschaften rühmen darf. So wie es aber der vereinten Anstrengungen und des Zusammenwirkens fast riesenhafter Geisteskräfte großer Denker und Forscher mehrerer Jahrhunderte bedurfte, um diese Theorie auszubilden; so bedarf es auch der tiefsten und umfassendsten Kenntniß der reinen, und vieler Theile der angewandten, Mathematik, um in dieselbe einzudringen, und den ganzen Inhalt und Zusammenhang ihrer Lehren zu begreifen. Hier kann also der Leser nichts erwarten, als eine gedrängte, fast nur historische Uebersicht des wesentlichen Inhalts der Planetentheorie, und er muß sich begnügen, nur im Allgemeinen den eigentlichen Gegenstand und den Sinn der Aufgabe, welche Beobachtung und Rechnung hier zu lösen hatten, und den Gang, der dabei einzuschlagen war und noch ist, kennen zu lernen.*)

*) Eine ähnliche Bemerkung ist schon oben, §. 54., Anmerk. zu b. zu machen für nöthig befunden worden, und sie muß auch hier schon im Voraus

§. 65. Die Kepler'schen Gesetze. Elemente der Planetenbahnen.

a) Die beiden ersten Kepler'schen Gesetze, nämlich:

1) daß ein um einen Centralkörper laufender Planet ꝛc. in gleichen Zeittheilen (wie in einer Secunde) gleiche Flächenräume beschreibt, oder: daß die in gleichen Zeiten beschriebenen Flächenräume den Zeiten proportional sind;

2) daß die von einem solchen Körper beschriebene Bahn eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte der Centralkörper steht,

sind schon oben, und zwar in Betreff der Sonne (folglich, wie wir nun wissen, der Erde) und des Mondes ausführlich (in §. 27. 28., und §. 36.) erklärt, auch auf die Planeten (§. 28., a. a. E., und §. 44., b.) und die Kometen (§. 54. und 55.) angewendet worden.

Auch das dritte Kepler'sche Gesetz:

3) daß bei je zwei Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Würfel der mittlern Entfernungen von der Sonne verhalten,

hat bereits seine Erklärung und Erläuterung (§. 45.) gefunden, und wie das Vorhandensein und Zusammenwirken aller drei Gesetze an dem Systeme der Trabanten des Jupiters und Saturns (§. 47., e.) gleichsam mit Augen gesehen werden kann, ist ebenfalls angedeutet worden.

b) Die Elemente der Planetenbahnen. — Zur genauern Bestimmung der nach den Kepler'schen Gesetzen geregelten Bewegung der einzelnen Planeten und des Ortes, den diese zu jeder Zeit einnehmen, ist es nöthig, die Einzeln-

---

für den folgenden Abschnitt (der von der physischen Astronomie handeln wird) gemacht werden.

heiten, durch welche sich die eine Bahnellipse von der andern unterscheidet, oder die Elemente der Bahn (vergl. oben §. 54., b.) zu kennen. Diese beziehen sich theils auf die Größe und Gestalt der elliptischen Bahn, theils auf die Lage der Bahn gegen die Ekliptik, theils auf den Ort des Planeten in seiner Ellipse in einem angenommenen bekannten Zeitpunkte.

1. Die Größe und Gestalt einer Planetenbahn wird a) durch ihre halbe große Axe (§. 27., d. und e.), welche der mittlern Entfernung des Planeten gleich ist, und b) durch die Excentricität bestimmt. Letztere drückt man gewöhnlich in Theilen der halben großen Axe aus, so daß z. B. bei einer Bahn, deren ganze große Axe 10, die kleine Axe 8 Theile nach irgend einem Maaßstabe beträgt, die halbe große Axe 5, und die Excentricität 3 solcher Theile enthält. Drückt man aber die Excentricität in Theilen der als Einheit angenommenen halben großen Axe aus, so erhält man für dieselbe den Bruch $^3/_5$.

2. Die Lage der Planetenbahn, oder vielmehr der Ebene dieser Bahn wird auf die Ebene der Ekliptik oder der Erdbahn bezogen (wie dieß bei der Mondbahn geschieht; §. 32., a. und b.). *)

Es ist also bei der Ebene jeder Planetenbahn zweierlei zu bestimmen: a) welche Neigung dieselbe gegen die Ebene der Ekliptik hat; b) in welchen Punkten der Ekliptik die Durchschnittslinie, oder die Knotenlinie beider Ebenen liegt, was kurz durch die Länge des aufsteigenden Knotens (in ähnlicher Weise wie beim Monde; §. 32., b.) angegeben wird.

3. Um den Ort, den ein Planet in seiner elliptischen Bahn einnimmt, genau bezeichnen zu können, muß man a) die

*) Vergl. die 2. Anmerk. zu §. 66., a.

Länge des Periheliums, d. h. die Entfernung des der Sonne zunächst liegenden Endpunktes der großen Axe von dem Frühlingsnachtgleichepunkte kennen.*) Hierzu muß aber noch b) durch Beobachtung ein gewisser Zeitpunkt (Augenblick) bekannt geworden sein, da der Planet entweder durch das Perihelium ging, oder in irgend einem andern genau bestimmten Punkte seiner Bahn sich befand, welcher Zeitpunkt (z. B. der Augenblick der Mitternacht zwischen Ende und Anfang der Jahre 1800 und 1801) die Epoche genannt wird. Vermittelst dieser Epoche kann für jeden andern gegebenen Zeitpunkt der Ort des Planeten in seiner Bahn gefunden werden. Wenn man nämlich die ganze Umlaufszeit des Planeten kennt, und nun eine mittlere Geschwindigkeit annimmt, mit der sich der Planet durch die ganze Bahn hindurch gleichförmig (in jeder Stunde, Minute ꝛc. durch ein gleich großes Bogenstück der Bahn) bewegt, so kann man offenbar, von dem Bahnpunkte der Epoche ausgehend, durch eine leichte Rechnung jeden mittlern Ort angeben, den der Planet während der ganzen Dauer seines Umlaufes zu einem gewissen Zeitpunkte erreichen wird.

Es sind hiernach für jede Planetenbahn 6, und wenn man noch die Umlaufszeit hinzu rechnen will, 7 Elemente zu bestimmen. Da jedoch durch die halbe große Axe, nach dem 3. Kepler'schen Gesetze, die Umlaufszeit zugleich mit bestimmt ist, so wird diese von den Astronomen als ein besonderes Element gewöhnlich nicht betrachtet.

Daß und wie es möglich gewesen sei, diese Elemente (auch bei den Trabanten- und Kometenbahnen) zu bestimmen,

---

*) Das Perihelium, überhaupt die Apsiden (Apsidenlinien) der Planeten haben keine unveränderliche Lage; diese Punkte rücken vielmehr (wie bei der Sonne und dem Monde; §. 28., a. und §. 36., b.), jedoch überaus langsam (in 100 Jahren z. B. die Apsiden der Erde und des Mars um $1^0,72$ und $1^0,83$) von Abend nach Morgen fort.

wird sich wenigstens einigermaßen aus hierher gehörigen Erklärungen, die in einigen frühern Abschnitten gegeben worden sind, entnehmen lassen. Hier mögen noch einige dieser Elemente, darunter namentlich die bisher übergangenen, übersichtlich zusammengestellt werden.

Planeten	Halbe große Axe	Excentricität	Länge der Sonnennähe	Länge d. aufsteig. Knotens.
1. Mercur	0,3870981	0,2055149 (1/5)	74° 21′ 46″	45° 57′ 31″
2. Venus	0,7233316	0,0068607 (1/146)	128° 43′ 53″	74° 54′ 13″
3. Erde	1,0000000	0,0167836 (1/60)		
4. Mars	1,5236923	0,0933070 (1/11)	332° 23′ 56″	48° 0′ 3″
5. Vesta	2,3678700	0,0891300 (1/11)	249° 33′ 24″	103° 13′ 18″
6. Asträa	2,5775810	0,1884923 (1/6)	135° 15′ 50″	141° 25′ 48″
7. Juno	2,6690090	0,2578480 (1/4)	53° 33′ 46″	171° 7′ 40″
8. Ceres	2,7672450	0,0784390 (1/13)	147° 7′ 32″	80° 41′ 24″
9. Pallas	2,7728860	0,2416480 (1/4)	121° 7′ 4″	172° 39′ 26″
10. Jupiter	5,2027760	0,0481621 (1/21)	11° 8′ 35″	98° 26′ 19″
11. Saturn	9,5387861	0,0561505 (1/18)	89° 9′ 30″	111° 56′ 37″
12. Uranus	19,1823900	0,0466794 (1/21)	167° 31′ 16″	72° 59′ 35″

Für die Planetoiden Vesta, Juno, Ceres, Pallas, ist der 1. Januar 1820, für Asträa der 31. December 1845, für alle ältern Planeten der 1. Januar 1801 als Epoche angenommen. *)

*) Die Tafel ist, mit Ausnahme der Asträa, aus Herschel's popul. Astron., übersetzt von Nicolai (Direct. der Mannheimer Sternwarte), 2. Ausg. Heilbr. 1845, entlehnt worden. — Die großen Zahlen für die Decimalbrüche in der 2. und 3. Col. mögen zeigen, mit welcher außer-

Die Angaben für die Neigungen der Bahnen finden sich in §. 41. e. und §. 43. a., — für die siderischen Umlaufszeiten in §. 41. d. und §. 43. c. und d., — desgl. für die mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne in Erdhalbmessern und geogr. Meilen in §. 45. am Ende.

Zu leichterer Vergleichung der Excentricitäten in der 3. Col. sind kleinere Bruchzahlen, als die ungefähren Werthe der darüber stehenden Decimalangaben, beigefügt worden. Bei Mars z. B. zeigt sich, wie die ansehnliche Excentricität dem großen Kepler die Untersuchung der Gestalt der Bahn und das Erkennen der Ellipticität derselben erleichtern mußte (vergl. §. 28., a.), hierdurch aber den Weg zur Auffindung der nach ihm benannten Gesetze glücklich anzubahnen geeignet war.

§. 66. Ortsbestimmungen für die Planeten aus den Elementen.

a) Vermittelst der Kenntniß der Planetenelemente nun kann man sich eine im Ganzen vollständige und deutliche Vorstellung von der Einrichtung des Planetensystems machen, diese auch noch durch eine nach den vorstehenden Angaben gefertigte Zeichnung zu größerer Anschaulichkeit erheben, wenn man auch darin die Bahnumfänge der einzelnen Planeten

---

ordentlichen Genauigkeit die Astronomen ihre Rechnungen machen. — Kleinere Zahlen für die halben großen Axen (oder die mittlern Abstände der Planeten) finden sich oben in §. 41. d. für die untern, und in §. 43. d. für die älteren der obern Planeten. — Die Elemente für die Asträa, wie sie oben (und zum Theil früher) mitgetheilt worden sind, hat Dr. Galle in Berlin berechnet. Noch neuere Berechnungen (wie die von d'Arrest in Pulkowa, nach Nr. 574. der Schumacher'schen astronom. Nachrichten) geben eine nicht sehr bedeutende, daher hier zu übergehende, Verschiedenheit in obigen Angaben. — Auch für den transuranischen Planeten hat man vorläufig Elemente berechnet (vergl. §. 42. a. E.), deren schärfere Bestimmung zu erwarten steht.

nur als Kreise (diese als Repräsentanten der mittlern Abstände und Bewegungen der einzelnen Planeten) zeichnet.*) Eine solche Zeichnung stellt jedoch das Planetensystem nur in einem stabilen, nicht aber in dem Zustande vor, in welchem es sich in der Wirklichkeit zu einem gegebenen Zeitpunkte befindet. Es ist aber Hauptaufgabe des rechnenden Astronomen, vermittelst der bekannten Elemente zu bestimmen, in welcher gegenseitigen Lage sich die Planeten zu jeder Zeit befinden, welchen Ort der einzelne Planet an diesem oder jenem Tage, ja Augenblicke einnehmen, welchen Abstand er dann von Sonne und Erde haben, mit welcher Geschwindigkeit und wohin er sich bewegen werde u. s. w., und zwar sowohl von der Sonne, als von der Erde aus gesehen. Denn es leuchtet ein, daß eigentlich nur die von dem Centralkörper des ganzen Systems, also von der Sonne aus betrachteten, oder die heliocentrischen, Oerter und Bewegungen der Planeten**) die wahren und zuverlässigen, hingegen die

*) Solche Zeichnungen sind z. B. der „Anleitung zur Kenntniß des gest. Himmels" von Bode beigefügt. In vielen andern Schriften über popul. Astronomie finden sich dergleichen nicht, und ich selbst bin der Meinung, daß sie für denkende Leser eben so wenig unentbehrlich sind, als Planetarien, die nur mechanisch ableiern, was bei geringer Anstrengung der Einbildungskraft jeder Gebildete sich selbst vor Augen stellen kann. Solche Werkzeuge nennt J. Herschel (Pop. Astron. §. 449.) „kindische Spielwerkzeuge." — An den nach meinen Angaben gefertigten astron. Versinnlichungswerkzeugen ist daher nur das angebracht, was wirklich (wie z. B. die Entstehung der Gestaltungen des Saturnringes) einer veranschaulichenden Beihülfe bedarf; auch sind dieselben so eingerichtet, daß man (nicht durch mechanisches Drehen, sondern) durch jedesmaliges absichtliches Stellen ꝛc. die vorgelegte Aufgabe zu lösen hat.

**) Als Erdbewohner werden wir, auch wenn wir uns mit unserer Betrachtung in die Sonne versetzen, hierbei die Ebene der Erdbahn, oder der Ekliptik, als diejenige Ebene ansehen, auf welche wir die Bewegungen aller Planeten beziehen, oder beziehen müssen, um Sicherheit und Bestimmtheit in unsere Vorstellung von der gegenseitigen Lage und

von der Erde aus betrachteten, oder die geocentrischen (darum, weil die Erde nicht im Mittelpunkte des Systems steht, und durch ihre eigene Bewegung ihre Lage gegen die andern Planeten unaufhörlich ändert) die scheinbaren (sehr veränderlichen) Oerter und Bewegungen sind. *) Wenn nun allerdings die Kenntniß der heliocentrischen Oerter rc. die Grundlage aller weitern Berechnung ist, so ist doch auch die geocentrische Kenntniß rc. unentbehrlich, da wir nun einmal unsern Standpunkt auf der Erde haben und von da aus den jedesmaligen Ort eines Planeten aufzusuchen uns angewiesen finden.

b) Wahre und mittlere Anomalie. — Der Gang, den die Rechnung bei jener schwierigen, unter a. gedachten,

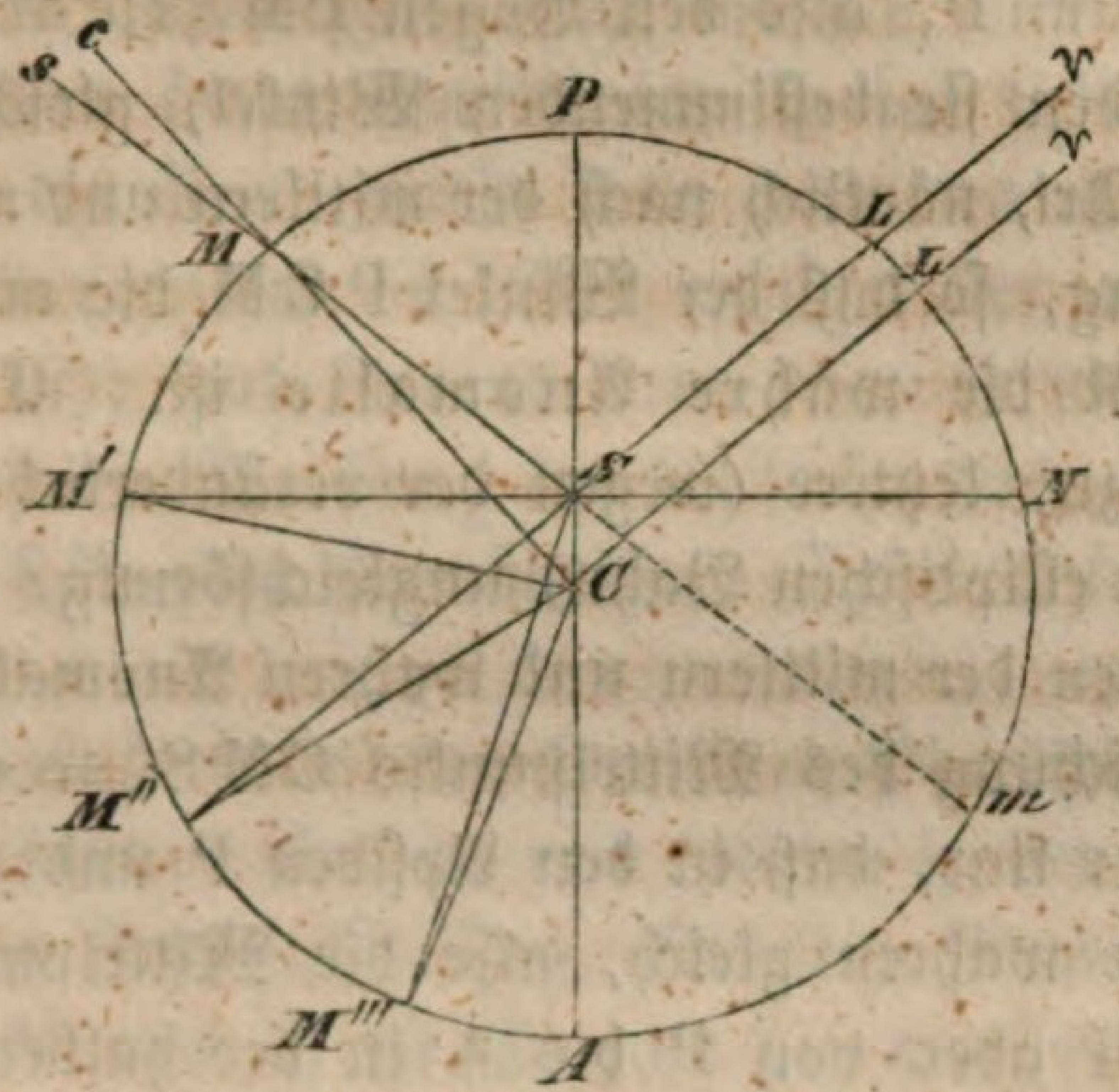
---

Bewegung der Planeten zu bringen. Die Bewohner anderer Planeten werden wieder die Ebene ihrer jährlichen Bahn zu Grunde legen, und da die Lagen aller dieser Bahnen unter einander und gegen die Erdbahn verschieden sind, so werden sich überall die Bahnelemente anders gestalten. Der einzig wahre und sichere Standpunkt der Betrachtung ist also der des Sonnenbewohners, und es läßt sich denken, daß ein solcher vielleicht die Lagen aller Planetenbahnen auf die (bis an die scheinbare Himmelssphäre erweiterte) Ebene des Sonnenäquators (welche Ansicht indeß auch wir in Gedanken nehmen können) beziehen werde.

*) Der geocentrische Ort eines Planeten ist von dem heliocentrischen, um es kurz zu sagen, wegen dessen von der Bewegung der Erde herrührenden Parallaxe verschieden; denn wären die Planeten eben so unermeßlich weit von uns oder von der Sonne entfernt, als die Fixsterne, so würde der Durchmesser der Erdbahn, folglich auch jede Ortsveränderung in derselben, und die ganze Bewegung der Erde, von einem Planeten aus gesehen, ganz unmerklich sein, uns aber würden die Planeten in ihren gegenseitigen Stellungen unter den Fixsternen eben so erscheinen, wie von der Sonne aus, d. h. sie würden an ihren heliocentrischen Oertern gesehen werden. Es folgt hieraus, daß, um zu einer sichern Bestimmung des scheinbaren Ortes jedes Planeten zu gelangen, man vor allen Dingen das Verhältniß der wahren Abstände des Planeten von der Sonne und der Erde, verglichen mit dem Abstande der Erde von der Sonne, kennen gelernt haben muß.

Aufgabe zu nehmen hat, mag nun kurz bezeichnet werden, wenn noch Folgendes erklärt worden ist.

Figur 35.



Es sei beispielweise in Fig. 35. PMANP die Bahn des Mars um die im Brennpunkte S stehende Sonne; P das Perihelium, A das Aphelium, CS die Excentricität. Nach SL♈, womit CL♈ parallel ist, liege an der Himmelssphäre der Frühlingsäquinoctialpunkt ♈; der Bogen PL oder Winkel PS♈ ist hiernach die Länge des Periheliums, und, wenn der Planet in M steht, der Bogen ML oder Winkel MSL die Länge des Mars. In jedem Punkte M, wo Mars sich befindet, scheint er von der Sonne S aus in der Linie SM, vom Mittelpunkte C aber, um welchen man sich die Bewegung des Planeten als gleichförmig zu denken hat, in der Linie CM. Jede gleichförmige Bewegung heißt in der Astronomie die mittlere, so wie der Ort, den der Weltkörper nach derselben einnimmt, der mittlere Ort genannt wird. Der mittlere Ort, oder die mittlere Länge des Mars wird also durch die Linie CM, die wahre Länge aber durch SM bestimmt;

der Unterschied beider Oerter oder Längen ist also der Winkel CMS, oder cMs. Dieser Unterschied heißt die Gleichung des Mittelpunktes. (Man vergl. oben §. 28., b.)

Ferner nennt man die Entfernung des Planeten M von dem Perihelium P, also den Bogen PM, die Anomalie,*) und rechnet den sie bestimmenden Winkel, gleich der Länge, auf doppelte Art, nämlich nach der mittlern und nach der wahren Bewegung, so daß der Winkel PCM die mittlere, und Winkel PSM die wahre Anomalie ist. Erstere nimmt gleichförmig zu, letztere (wegen der veränderlichen Geschwindigkeit in der elliptischen Bahn) ungleichförmig. Der Unterschied zwischen der mittlern und wahren Anomalie heißt ebenfalls die Gleichung des Mittelpunkts CMS = cMs. Es ist aus der Figur klar, daß in den Apsiden P und A die mittlere Anomalie der wahren gleich, also die Mittelpunktsgleichung Null ist, daß aber von P bis A in der halben Bahn diese Gleichung, wie die Winkel bei M, M′, M″, M‴ zeigen, zu- und abnimmt, daß sie in M′ am größten ist u. s. w.; auch sieht man leicht, daß in der andern Hälfte der Bahn von A bis P Alles in umgekehrter Ordnung erfolgt, in N die Gleichung wieder am größten ist u. s. w., daß übrigens diese Zu- und Abnahme auch auf die Länge des Planeten und dessen Geschwindigkeit in der Bahn Anwendung leidet.

---

*) Anomalie, d. h. Abweichung von der Regel oder von der Gleichheit, wird die Entfernung M des Planeten von dem Perihelium P genannt, weil diese in der elliptischen Bahn und Bewegung der Grund aller Anomalien, oder Abweichungen von der gleichförmigen Bewegung, ist. — Früher rechnete man die Anomalie von der Sonnenferne an; da aber die Kometen größtentheils nur in der Sonnennähe beobachtet werden, und für viele derselben, der parabolischen Berechnung wegen, eine Sonnenferne gar nicht bestimmt werden kann (§. 55., a.), so wird es jetzt bei den Astronomen immer gebräuchlicher, die Anomalien überhaupt vom Perihelium ab zu rechnen.

Aus der mittlern Anomalie PCM, welche nichts anderes ist, als die mittlere Länge des Planeten ♈CM, weniger der Länge des Periheliums ♈CP (welche letztere, als die Lage der Apsiden gegen den Aequinoctialpunkt ♈, kennen zu lernen, demnach eine Hauptaufgabe ist), läßt sich alles Uebrige leicht herleiten. Man kennt nämlich im Dreieck CMS den Halbmesser CM, die Excentricität CS, und den eingeschlossenen Winkel MCS (welcher = 180° weniger der mittleren Anomalie PCM ist); und hieraus kann man so wohl die wahre Anomalie und die Gleichung des Mittelpunkts, als die wahre Entfernung SM oder den Radius Vector trigonometrisch berechnen.

c) Um nun den wahren Ort eines Planeten M (Fig. 35.) zunächst in seiner Bahn, und sodann in der Ekliptik für einen gewissen Zeitpunkt (Tag, Stunde, Minute rc.) zu bestimmen, giebt uns 1) die Epoche die mittlere Länge dieses Planeten in seiner Bahn für diesen Zeitpunkt. Rechnet man hierzu 2) den Betrag der von der Epoche bis zu dem angenommenen Zeitpunkte Statt gehabten mittlern Bewegung, welcher aus der ganzen mittlern Umlaufszeit, wie sie aus der Kenntniß der großen Axe folgt, hergeleitet wird, so hat man den jenem Zeitpunkte entsprechenden mittlern Ort des Planeten in seiner Bahn. Da man nun auch 3) den Punkt des Periheliums in der Bahn, oder die Länge des Periheliums, weiß, so kann man aus der Entfernung des eben gefundenen mittlern Ortes von dem Perihelium die mittlere Anomalie angeben, woraus 4) mit Hülfe der Excentricität die wahre Anomalie, und, nach Wiederhinzurechnung der Länge des Periheliums, die wahre heliocentrische Länge in der Bahn hervorgeht. — Aus den beiden übrigen Elementen, nämlich 5) der Neigung der Bahn und 6) der Lage der Knotenlinie, oder der Länge des ☊, wird sodann die Breite des Planeten in Beziehung auf die Ekliptik, und

seine Länge in dieser (die reducirte Breite und Länge genannt) hergeleitet. — Beides von der Sonne aus gesehen, oder heliocentrisch.

Solche heliocentrische Längen und Breiten lassen sich aber durch nicht schwierige trigonometrische Operationen auf geocentrische Längen und Breiten reduciren, und hierdurch nun werden die Oerter der Planeten, auch nach Rectascension und Declination, für einen angenommenen Zeitpunkt, nebst allen übrigen besondern Erscheinungen (als: der Zeit des Auf- und Unterganges, der Culmination 2c., der Zusammenkunft mit Mond, Sternen und den andern Planeten, Vorübergänge, Bedeckungen u. s. w.), so im voraus bestimmt, wie sie die wirkliche Beobachtung zeigen muß. Indem nun diese letztere mit der Berechnung*) übereinstimmt (und diese Uebereinstimmung zeigt sich heutiges Tages in bewundernswürdiger Weise), so dient dieß als vollkommene Rechnungsprobe, und zu einem augenscheinlichen Beweise, daß die zu Grunde liegende Theorie und die Angaben der darnach bearbeiteten Planetentafeln (der Ephemeriden der Planeten in astron. Jahrbüchern 2c.) für eine treue Darstellung der Natur erklärt werden müssen.

§. 67. Größe und Gestalt des Sonnensystems.

Die Ausdehnung unsers Sonnensystems ist schon nach der Richtung hin, in welcher sämmtliche Planetenbahnen liegen, sehr groß, wird aber wahrscheinlich durch die Uranusbahn,

---

*) Bei dieser Berechnung werden jedoch auch noch die sogenannten Störungen, d. h. die kleinen Abweichungen von der aus den Kepler'schen Gesetzen folgenden elliptischen Bewegung der Planeten, welche von der gegenseitigen Anziehung der Planeten herrühren, in Betracht gezogen, wie solches auch bei dem Monde (vergl. §. 36., b.) und den Satelliten überhaupt (§. 47., e.), sowie bei den Kometen geschieht und geschehen muß. (Das Nöthigste hierüber wird der folgende Abschnitt besagen.)

welche einen über 19mal größern Durchmesser als unsere Erdbahn hat, noch nicht begrenzt sein; denn der ungeheure Raum zwischen unserer Sonne und den muthmaßlich nächsten Fixsternen (= 200000 Sonnenweiten*) oder 4 Bill. Meilen; §. 62., c.) macht die Annahme zulässig, daß jenseits des Uranus wenigstens noch 5 Planeten (transuranische Planeten) um die Sonne laufen,**) dessen äußerster, zufolge des bekannten Fortschreitens der Abstände der Planeten von der Sonne (§. 43., d. und 45., b. a. E.), 600 Sonnenweiten (Halbmesser der Erdbahn), oder mehr als 12000 Millionen Meilen entfernt sein müßte. Aber die Ausdehnung des Sonnengebiets nach jener Richtung hin begreift nur eine sehr schmale Zone der unermeßlichen Himmelssphäre, die unsers Thierkreises. Die übrigen weiten Räume nehmen die Kometenbahnen ein (§. 55., c.). Der Komet von 1680. z. B., dessen Umlaufszeit auf 575 Jahre berechnet ist, muß nach dem 3. Kepler'schen Gesetze 69mal so weit als die Erde, oder 3½mal soweit als Uranus von der Sonne entfernt sein. Aber viele seitdem beobachtete Kometen mögen eine noch viel

---

*) Theilen wir diesen ungeheuren Raum zwischen unserer Sonne und dem nächsten Fixsterne, so behalten beide für ihr Gebiet noch eine Ausdehnung von 100000 Sonnenweiten, — eine Weite, welche das Licht kaum in 1½ Tagen durchläuft. Daß dieß keine unnütze Raumverschwendung sei, läßt die weise Sparsamkeit der Natur mit Recht vermuthen. Herrscht das Gesetz der Schwere wie in unserm, so in jedem andern Sonnensysteme, so mußten je zwei solcher Systeme durch einen so großen Raum getrennt werden. Da hier nicht blos einzelne Planeten ꝛc., sondern die Massen ganzer Sonnensysteme mit ihren Millionen von Kometen, Planeten und Trabanten auf einander wirken, so konnten störende Einflüsse, ja eine endliche Zerrüttung der von der höchsten Weisheit getroffenen Anordnung nur dadurch abgewendet werden, daß die einzelnen Systeme durch Räume, welche in angemessenem Verhältnisse zu ihrer nach außen wirkenden Anziehung standen, von einander geschieden wurden.

**) Vergl. das oben, §. 42. am Ende Mitgetheilte.

beträchtlichere, z. B. der schöne Komet von 1807, vermöge seiner muthmaßlichen Umlaufszeit von 1500 Jahren, eine Entfernung von 131 Sonnenweiten haben. Dieß sind jedoch immer nur noch diejenigen Kometen, die sich durch ihre große Annäherung zur Sonne und damit verbundene Sichtbarkeit vor den übrigen auszeichnen, und daher gleichsam nur die untern Kometen ausmachen; die obern, an Anzahl und Entfernung jene erstern wahrscheinlich weit übertreffenden, Kometen werden, weil ihre Sonnennähen zu weit, zum Theil vielleicht weiter als Jupiter, Saturn und Uranus von uns entfernt liegen, den Erdbewohnern für immer unbekannt bleiben. Wenn es hiernach auch gewagt scheint, die äußersten Grenzen unsers Sonnengebietes zu bestimmen, so scheint doch so viel als ausgemacht angenommen werden zu können, daß das Licht mehr als einen Tag gebraucht, um von der Sonne bis zum äußersten Kometen zu gelangen. Da nun die Kometenbahnen nach allen möglichen Richtungen um die Sonne gelegt sind, so müssen wir den von unserm Sonnensystem erfüllten Raum uns kugelförmig, oder vielmehr uns denselben in einem Modelle vorstellen, das aus sehr vielen, um einen Mittelpunkt unter allen möglichen Neigungen gelegten, Reifen von verschiedenen Durchmessern besteht, und dessen äußerster sphärischer Ueberzug einen Durchmesser hat, der wenigstens 400mal so groß ist, als der Durchmesser der Erdbahn, also über 16000 Millionen geograph. Meilen beträgt.

§. 68. Bewegung der Sonne und des Sonnensystems.

Alle Körper unsers Sonnensystems sind in unaufhörlicher, theils rotatorischer, theils progressiver Bewegung. Jene erstere Bewegung haben wir bereits auch der Sonne beigelegt (§. 31. b. und §. 50., c.), und untrüglichen Beobachtungen zufolge beilegen müssen. Bleiben wir nun bei der natürlichen Annahme (§. 59., a.) stehen, daß ein um seine Axe

sich drehender Himmelskörper, vermöge des Stoßes, der ihm diese mittheilte, auch eine fortschreitende Bewegung erhalten haben müsse, wie wir an allen Planeten bestätigt finden; so müssen wir eine solche auch der Sonne zuschreiben. Nach dieser Annahme, und zufolge des allgemeinen Gesetzes der Schwere, nach welchem die Bewegung eines Himmelskörpers sich immer auf einen durch seine Attractionskraft auf ihn wirkenden Centralkörper bezieht, muß auch die Sonne eine Bahn im unermeßlichen Weltraume beschreiben, die freilich von ungeheurem Umfange sein und die fortschreitende Bewegung der Sonne in derselben in einer langen Reihe von Jahren nicht merklich machen wird. Indeß ist man doch durch die Vergleichung älterer Beobachtungen mit den neuern auf die Wirklichkeit einer solchen Bewegung unserer Sonne hingeführt worden. Wie diese wahrgenommen werden könne, läßt sich im Allgemeinen leicht begreifen. Bewegt sich nämlich die Sonne, so muß es einen gewissen Punkt am Fixsternhimmel geben, wohin ihr Lauf gerichtet ist und alle Sterne des Himmels, die nach dieser Richtung von uns gesehen werden, müssen sich von einander entfernen (weiter auseinander treten), während die nach der jenem Punkte entgegengesetzten Richtung befindlichen Sterne näher zusammenrücken. Solche Wahrnehmungen sind allerdings von großen und scharfsichtigen Beobachtern, zuerst von Herschel d. ä., und neuerdings von Argelander, Director der Sternwarte in Bonn, gemacht worden, und es scheint daraus als unbezweifelt sich zu ergeben, daß unsere Sonne sich nach einem Punkte des nördlichen Himmels hin bewegt, der im Sternbilde des Hercules, links von dem hellen Sterne (Gemma) in der nördlichen Krone, liegt.

Ist nun unsere Sonne in fortschreitender Bewegung, und zwar in einer Bahn, deren Centralpunkt man vielleicht künftig wird noch bestimmen können, so führt sie das ganze System von

Planeten, Kometen &c. eben so mit sich im Weltraume fort, wie z. B. Jupiter und Saturn das System ihrer Trabanten mit sich um die Sonne führen, und es ergiebt sich zugleich hieraus, wie zusammengesetzt die Bewegungen in unserm Sonnensysteme sind. Der Mond beschreibt einen jährlichen Kreis *) um die Erde, aber von der Sonne aus gesehen scheint er eine Reihe von Epicykloiden (Radlinien) zu beschreiben, deren Mittelpunkte auf dem Umfange der Erdbahn liegen. **) Die Erde hinwiederum beschreibt Epicykloiden, deren Mittelpunkte auf dem Kreise liegen, welchen die Sonne um einen Centralkörper (vielleicht auch um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, um welchen sich mit ihr mehrere Fixsterne bewegen) beschreibt. Die Sonne selbst beschreibt eine Reihe von Epicykloiden, deren Mittelpunkte auf der großen Kreisbahn liegen, welche ein noch höherer Centralkörper beschreibt u. s. w., so, daß gar nicht zu sagen ist, wie vielfach zusammengesetzt die epicykloidischen Bewegungen sind, an denen z. B. unser Mond, oder unsere Erde &c. Theil nehmen.

§. 69. Weltsystem. Partialsysteme.

Herrscht, wie nicht bezweifelt werden kann, das Gesetz der Schwere, oder der gegenseitigen Attraction, durch alle Himmelsräume, so müssen, wie schon bemerkt (§. 68.), die davon unzertrennlichen Bewegungen in immer höher aufsteigender Ordnung zusammengesetzt sein und in ihrer Gesammtheit ein System bilden, das man im eigentlichen Sinne das Weltsystem nennen würde. Keinem Sterblichen wird es vergönnt sein, dieses zu ergründen und mit seinen Gedanken zu umfassen; aber nicht unerlaubt ist es, von der Einrichtung des

---

*) Dieser Ausdruck soll hier nur die fast kreisförmigen Bahnen bedeuten.

**) Man sehe über die Herleitung obigen Wortes den Anhang unter II.

Theiles des Weltganzen, dem wir selbst angehören, auf die Anordnung der übrigen Theile des unermeßlichen Sternenhimmels zu schließen, soweit die stärksten Sehewerkzeuge uns dieselben bis jetzt zugänglich gemacht haben. Was sich hierüber, nach den Ansichten großer Himmelsforscher, denen in der Hauptsache jetzt alle Astronomen beistimmen, sagen läßt, kann hier nur in schwachen Grundzügen, und mit wenigen Worten, angedeutet werden.

1. Die nach allen Seiten hin in zahlloser Menge an dem Himmelsgewölbe sichtbaren, und dem ersten Anscheine nach ohne Ordnung vertheilten Sterne bilden aller Wahrscheinlichkeit nach einzelne (kleinere und größere) Gruppen, die nach den Gesetzen der Attraction und der Centralbewegung zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden sind, also Partialsysteme ausmachen. Zu den kleinern dieser Gruppen gehören die sogenannten Doppelsterne, d. h. Sterne, die in stark vergrößernden Fernröhren als zwei sehr nahe beisammenstehende Sterne erkannt werden, und nicht als blos optisch (d. h. nicht nach den scheinbaren Gesichtslinien, auf welchen sie unser Auge etwa nahe hinter einander erblicken könnte), sondern als physisch (d. h. als wirklich, nämlich in Bezug auf gegenseitige Anziehung) zusammengehörig zu betrachten sind. Solcher Doppel- (auch drei- und mehrfach verbundener) Sterne, die nur um den kleinen Betrag von 1″ bis höchstens 32″ von einander abstehen, sind bis jetzt schon gegen 4000 beobachtet und verzeichnet worden. An mehreren derselben hat man die elliptische Bewegung des einen (des sogenannten Begleitsterns) um den andern (den Centralstern) mit Entschiedenheit wahrgenommen, und sogar die Bahnelemente, namentlich die große Axe und die Umlaufszeit (diese z. B. beim Stern γ der Jungfrau = 513 Jahren; beim Stern 61 des Schwans = 350 bis 400 J.; beim Castor in den Zwillingen = 253 J.; bei η in der Krone = 43 J.)

berechnet, ja bei einigen die Periode des Umlaufs (wie bei ξ im großen Bären = $60^1/_2$ J.) schon wirklich beobachtet. In einem solchen Systeme bewegt sich also der eine Stern (vielleicht selbst wieder, wie unsere Sonne, von einem zahlreichen Heere von Planeten, Kometen ꝛc. begleitet) nach dem großen Gesetze der Gravitation um den andern, und wenn mehrere Sterne zu demselben gehören, zwei oder drei ꝛc. um den größten, oder alle zusammen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt; — während der Centralstern (oder Schwerpunkt) selbst wieder eine progressive Bewegung hat, wie sie z. B. bei dem Doppelstern 61 des Schwans (der seit etwa 100 Jahren bis 9′, also jährlich fast $5^1/_2$″, fortgerückt ist) Statt findet. — Anderes Merkwürdige an diesen Sternen, wie z. B. der Farbenunterschied zwischen dem Haupt- und dem Begleitsterne (am häufigsten glänzt nämlich jener in einem weißlichen oder gelblichen, auch rothen und grünen, dieser in bläulichem, auch purpurnen, Lichte) muß hier übergangen werden. *)

2. Zu den größern und umfänglichern Partialsystemen gehören die aus der Vereinigung vieler beisammenstehender Sterne gebildeten, von den angrenzenden, mit mehr einzeln stehenden Sternen besetzten Theilen des Himmels, sich unterscheidenden Gruppen, gemeiniglich Sternhaufen genannt. Solche sind z. B. die schönen, dem allgemeinen Umrisse nach schon mit bloßen Augen wahrnehmbaren, Gruppen der

*) Was überhaupt noch an einzelnen Fixsternen Merkwürdiges ist, wie z. B. — außer deren eigenthümlichen, bis jetzt etwa an 1000 Sternen mit Bestimmtheit wahrgenommenen, freilich sehr langsamen, Fortbewegung oder Ortsveränderung — Ab- und Zunahme ihres Lichtglanzes (veränderliche Sterne), plötzliches Erscheinen und Wiederverschwinden (neue Sterne), Farbenveränderung u. s. w., findet der Leser in populärster Weise zusammengestellt in Mädler's astron. Briefen unter XXI. fg., in Betreff der Doppelsterne unter XXIII.

Hyaden und Plejaden*) am Kopfe und Vorderrücken des Stiers, das Haupthaar der Berenice, die Krippe im Krebse u. s. w. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß dergleichen Gruppen Systeme vielfacher Sterne sind, in denen Eine Centralsonne die Umlaufsbewegungen einer mehr oder weniger beträchtlichen Menge von Begleitsonnen regiert (wenn nicht das Ganze um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich im Gleichgewichte erhält), während auch der Centralstern (oder der Schwerpunkt) in fortrückender Bewegung begriffen ist.

Zu einem dieser, durch angemessene große Zwischenräume von einander getrennten, Systeme gehört vermuthlich auch unsere Sonne (zu welchem, ist noch nicht ausgemacht); aber wer mag ermitteln, nach welchem Stufengange in der ungeheuern Menge der uns sichtbaren Sterne Systeme auf Systeme folgen? — So groß auch deren Zahl sein mag, so gehören sie doch

3) alle zu einem noch viel ausgedehntern Systeme, das uns nach seinen äußersten Grenzen hin in der Gestalt der Milchstraße erscheint.

§. 70. Die Milchstraße.

Nach den großartigen Aufschlüssen, die uns, zufolge vieljähriger, höchst mühsamer Forschungen und Durchmusterungen des Sternenhimmels, in neuerer Zeit Wilh. Herschel d. ä.**),

---

*) Diese letztere sehr kenntliche Gruppe (vergl. §. 19., 3.), in welcher hauptsächlich 7 Sterne: Alcyone, Merope, Celäno, Electra, Asterope, Taygete und Maja (nach der griech. Fabellehre Töchter des Atlas und der Pleione, welche, vom Orion verfolgt, in Sterne verwandelt wurden) leicht gesehen werden, dürfte vielleicht bald (laut Anmerk. zu S. 228fg.) eine ganz besondere Berühmtheit erlangen. — Der hellste jener 7 Sterne ist Alcyone; man sehe Taf. unter III.

**) W. Herschel, „über den Bau des Himmels," Dresden 1826, — welche Schrift aus Abhandlungen entstanden ist, die zuerst in England,

und nach ihm dessen Sohn, John W. Herschel, und andere große Himmelsforscher über die Anordnung aller einzelnen Sterne (und Sternsysteme) in der die ganze Himmelssphäre gleich einem lichten Kranze umziehenden Milchstraße (vergl. §. 21., b.) gegeben haben,*) ist Folgendes als höchst wahrscheinliche Einrichtung dieses Ganzen anzunehmen:

a) Alle Sterne, die wir (mit den in §. 69., 1. und 2. gedachten Partialsystemen) über die weiten Räume des Himmels zerstreut sehen, müssen wir uns als Einen sehr großen und zusammenhängenden Sternhaufen (Fixsterncomplex), in welchem die Sterne ziemlich gleichförmig vertheilt sein mögen, und zwar so vorstellen, daß derselbe von da aus, wo er die größte Dicke hat, nach seinem äußern, ungefähr kreisförmigen, Umfang hin immer schmaler wird (wie dieß sein muß, wenn er die Gestalt einer linsenförmigen Scheibe hat), so daß, indem die gegen diesen Umfang hin in ungeheuern Fernen vertheilten Sterne unserem Auge nicht mehr bloß neben, sondern hintereinander liegen, ihr nicht tausend-, sondern millionenfältig zusammenfließendes Licht uns als ein großer Lichtbogen erscheint, den wir eben die Milchstraße nennen.

Unsere Sonne befindet sich in diesem Sternhaufen nicht

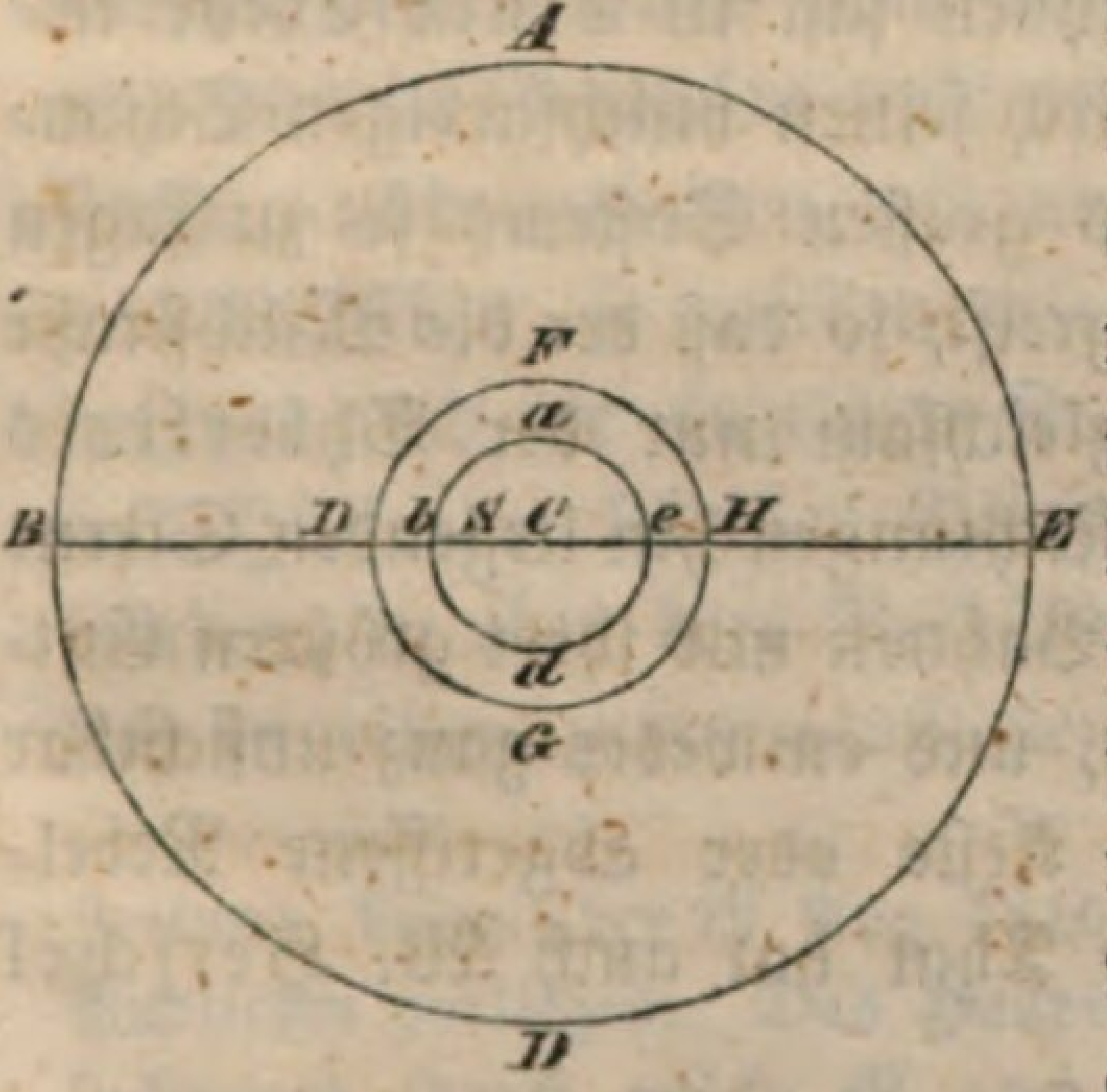
---

dann übersetzt (wie 1791 zu Königsberg) erschienen, und sonst (namentlich in Bode's astron. Jahrbüchern für 1788 und 1794) bekannt gemacht worden sind.

*) Schon früher hatten und verbreiteten über diesen Gegenstand sehr großartige, weniger auf Beobachtungen, als auf tiefsinnige Schlüsse gegründete Ansichten: Joh. Heinr. Lambert (gest. zu Berlin 1777.) und Immanuel Kant (gest. in Königsberg 1804.), in den noch immer überaus lesenswerthen Schriften: „Kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues“ von Lambert, Ausg. 1761. (neue, franz. Ausg. vom Baron von Utenhove zu Utrecht, mit vielen Anmerkungen ꝛc., Amsterdam 1801.); — „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ von Kant, neue Ausg. 1798. zu Königsberg, und 4te Aufl. Zeitz 1808.

sehr weit von der Mitte sowohl der ganzen Scheibe selbst, als ihrer Dicke. Alle Sterne, die nicht weiter als etwa 7 Sternweiten (§. 62., c. a. E.) von uns nach allen Seiten hin entfernt sind, sehen wir einzeln, sowohl nach der Dicke, als nach der Länge und Breite der Scheibe, über den ganzen, als sphärisches Gewölbe uns erscheinenden, Himmel zerstreut. Hinter diesen liegen, dem bloßen Auge unkenntlich, in weit größeren Entfernungen unzählige Sterne, aber nach der Dicke ungleich weniger, als nach der Länge und Breite. Die erstern entgehen dem Auge ganz, die letztern aber liegen in viel mehrern Schichten hinter einander, wodurch ihr vereinigtes Licht gleichsam viel compacter und dadurch dem Auge als ein blasser Schimmer merklich wird, der sich um den ganzen Umfang der Scheibe herumzieht.

Figur 36.



Wenn (Fig. 36.) A B D E diesen Umfang, und C den Mittelpunkt der Scheibe, die hier (man kann sich vorstellen, ober- und unterhalb des Papiers) ihre größte Dicke hat und von da aus bis an den Umfang immer flacher ausläuft, vorstellt, so sieht man von S, wo unsere Sonne, etwas seitwärts vom Mittelpunkte C stehend, aus großer Ferne gesehen, unter Millionen anderer Sonnen selbst als Fixstern glänzt, — oder, was dasselbe ist, man sieht von unserm Standpunkte aus nur bis a b d e rund nach allen Seiten des kugeligen Raumes herum die Sterne einzeln, weiterhin bis F D G H sieht man sie, weil sie da schon zu entfernt sind, mit bloßen Augen weder mehr einzeln, noch erkennt man (weil ihrer zu wenige sind) ihren schwachen Schimmer; allein die unzähligen Sterne und

ihre hintereinander bis nach ABDE gereiheten Schichten zeigen das Licht der dicht an einander gedrängten Sterne als einen in eine kreisförmige Zone zusammenfließenden Schimmer, d. h. sie zeigen uns die **Milchstraße**, und darin auch einzelne, uns näher stehende Sterne, wie z. B. viele Sterne im Fuhrmann, in der Cassiopeja, im Schwane, im Adler u. s. w. Die übrigen Sterne und Sternbilder (§. 19. und 20.) sehen wir rund am Himmel herum, außerhalb und zu beiden Seiten der Milchstraße.

b) Zufolge der unter a. gegebenen Vorstellung, daß das ganze an unserm Firmamente glänzende Fixsternenheer eine einzige Milchstraße in der Gestalt einer linsenförmigen Scheibe bildet, ist es wahrscheinlich, daß die Bahnen der einzelnen Theile derselben, nämlich der Fixsternsysteme, nicht gleich den Kometenbahnen unsers Systems alle möglichen Lagen haben, sondern gleich den Planetenbahnen fast in **Einer** Ebene liegen, oder vielmehr, daß der durch seinen milchfarbigen Schimmer uns sichtbare Theil dieses großen Systems so zu sagen bloß die Planeten desselben begreift, so daß der die Milchstraße bildende Streifen derselben gleichsam nur der **Thierkreis** derselben ist, die nach andern Richtungen hin liegenden Sterne aber wegen ihrer excentrischen Bahnen und ihrer größern Entfernung, die sie mehr zerstreut, uns entweder ganz unsichtbar sind, oder als ausschießende Aeste oder abgerissene Nebelstellen erscheinen.*) In der That hat auch W. Herschel

*) Von den mannigfaltigen Gestaltungen der Milchstraße, der theilweise größern oder geringern Breite, der Theilung derselben (§. 21., b.) u. s. w., lassen sich sehr wahrscheinliche, hier jedoch nicht weiter ausführbare Erklärungen geben. Zu ganz eigenthümlichen und höchst überraschenden Ansichten über diesen großen Gegenstand führen aber **Mädler's** (jetzt Professors ꝛc. der Astronomie in Dorpat) neueste Forschungen, wie sie zur Zeit in dessen, ganz kürzlich erschienenen, Abhandlung „**die Centralsonne**,“ Dorpat 1846 in 4. (im gedrängten Auszuge mitgetheilt in der illustrirten

bemerkt, daß nur um die Pole der Milchstraße herum (§. 21., b.) der Himmel ganz rein ist, der Grund aber nach und nach nebliger erscheint, je näher man der eigentlichen Milchstraße kommt. Nach dieser Richtung der Länge sind die nebligen Stellen so dicht zusammengedrängt, daß wir ihre Zwischenräume nicht mehr bemerken können, sondern die zusammenhängende Milchstraße sehen; wohingegen wir nach der Breite die sparsameren und entfernteren einzelnen Sternhaufen als Nebelflecken, gleichsam die Kometen der Milchstraße, erkennen.

§. 71. Die Nebelflecken. Das Universum.

So groß wir uns auch die räumliche Ausdehnung des ganzen Systems der Milchstraße denken mögen, so erschöpft doch diese Vorstellung bei Weitem noch nicht den Begriff von Größe, den wir uns vom Weltall zu machen haben. Stellen wir uns in Gedanken weit außerhalb der Pole unserer Milchstraße, und entfernen wir uns nach und nach immer weiter von derselben, so werden wir ihren Umfang immer mehr abnehmen und die einzelnen Sterne und Sternhaufen, die jetzt mit Hülfe der stärksten Teleskope noch darin wahrgenommen werden, in eben dem Verhältnisse an Licht verlieren und endlich in einen zusammenfließenden matten Schimmer, der sich

---

Zeitung, Leipzig den 29. Aug. 1846., VII. Bd. Nr. 165. S. 138 fg.) dem Publicum vorliegen. Das Hauptergebniß dieser scharfsinnigen Untersuchungen (durch welche M. auch die eigene Bewegung unserer Sonne schärfer, als zeither geschehen, zu bestimmen sucht) besteht darin: „daß die Gruppe der Plejaden die Centralgruppe des gesammten Firsternsystems bis an seine äußersten, durch die Milchstraße bezeichneten, Grenzen hin, und Alcyone derjenige einzelne Stern dieser Gruppe ist, der unter allen übrigen die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat, die eigentliche Centralsonne in unserem Milchstraßensystem zu sein.“ — Die Zeit wird lehren, ob diese Ansicht vor der scharfen Prüfung, der sie die Astronomen unstreitig unterwerfen werden, bestehen wird.

nicht weiter in Sterne auflösen läßt, sich verlieren sehen; sie würde uns z. B. bei einem Abstand von 100 ihrer Durchmesser nur unter einem Winkel von 17′, also nur etwa halb so groß als die Vollmondscheibe, erscheinen, und nur in Fernröhren als ein Wölkchen von schwachem Lichte gesehen werden, so wie dieses Wölkchen umgekehrt bei allmäliger Annäherung an dasselbe wieder die Gestalt und den Schimmer der Milchstraße, und zuletzt deren uns bekannte Ausdehnung an der Himmelssphäre annehmen würde. Solcher matten Lichtwölkchen hat man aber schon bereits einige Tausend entdeckt und sie Nebelflecke genannt. Wenn auch viele derselben, namentlich derer, die in unserer Milchstraße selbst stehen, sich durch die stärksten Teleskope in Sterne auflösen lassen (wie der Nebelfleck in Taf. unter IX., 6.) und daher wohl noch (wenigstens größtentheils) als Partialsysteme der Milchstraße, der unser eigenes Sonnensystem angehört, zu betrachten sind; so steht doch ein großer Theil der übrigen unauflösbaren, in allen Gegenden des Himmels zerstreut anzutreffenden, Nebelstellen (dergleichen sind in Taf. unter IX., 7. und 8. einige vorgestellt) offenbar in gar keinem Zusammenhange mit unserer Milchstraße, und man hat allen Grund zu glauben, daß

4) diese Lichtwölkchen für sich bestehende, unserer Milchstraße ähnliche Systeme, kurz: daß sie aus ungeheuern Fernen des unermeßlichen Himmelsraumes zu uns herüberschimmernde Milchstraßen sind.*)

---

*) Nach der, nicht unwahrscheinlichen, Ansicht mehrerer Astronomen, besteht wenigstens ein Theil der Nebelflecke nicht aus einzelnen Sternen, sondern aus ungeheuer weit ausgedehnten Anhäufungen eines dunstartigen Lichtnebels (Weltdunstes, kosmischen Weltäthers, wie von Humboldt im Kosmos I. S. 86 ff. sich ausdrückt), woraus sich durch Zusammenziehungen ꝛc. vielleicht nach und nach neue Sterne bilden, wie die verschiedenen Gestaltungen derselben, und die in einigen bereits wahrgenommenen Veränderungen vermuthen lassen. Näheres hierüber sehe man in Mädler's

Zu diesen, unter verschiedener Gestalt und Größe (in einer Ausdehnung von kaum 1′ bis zu einigen Graden) sich zeigenden und keiner Ortsveränderung unterworfenen Milchstraßen (die, wenn sie aus Sternen bestehen, wiederum in Partialsysteme von ungeheurem Umfange getrennt sein werden), gehören z. B. die schönen Nebelflecke im Schwerte des Orion und im Gürtel der Andromeda (in Taf. unter IX., 7., a. und b.), beim Triangel, im Schützen, im großen Bären (zwischen β und γ), im Haar der Berenice u. s. w. Viele der unauflöslichen sind wenigstens 8000 Sternweiten von uns entfernt, woraus zugleich folgt, daß die meisten derselben unsere Milchstraße an Größe übertreffen; denn diese würde in einem solchen Abstande weit kleiner als ein solcher Nebelfleck erscheinen. Auch sieht man leicht, daß unsere Milchstraße, so auch ein jeder anderere Nebelfleck, von den übrigen durch einen ungeheuern, der gewaltigen Stärke der gegenseitigen Anziehung angemessenen, Zwischenraum getrennt sein muß. Da der nächste Fixstern wenigstens 200000 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt ist (§. 62., c.), so gebraucht das Licht mehr als 3 Jahre, um von ihm, und wenigstens 25000 Jahre, um von dem fernsten der noch wahrnehmbaren Nebelstellen in unser Auge zu gelangen, welches eine Entfernung von 33000 Billionen Meilen giebt. Wenn hiernach solche Nebelflecke wenigstens seit 25000 Jahren bestehen müssen (weil das Licht, das wir heute sehen, vor so langer Zeit von ihnen ausgeflossen sein muß), so könnten auch jetzt ganze Milchstraßen untergehen oder erlöschen, ohne daß man früher als nach 25000 Jahren sie vermissen würde. Schon diese Vorstellungen betäuben das staunende Gemüth;

---

popul. Astronomie S. 422 ff., und in dessen astron. Briefen Nr. XXIV.; in Brandes Vorlesungen ꝛc. Th. II., S. 258 ff.; in Littrow's Wunder ꝛc. S. 493 ff. (§. 242 ff.).

indeß sind wir damit ohne Zweifel nur erst an die Schwelle des von der unendlichen Macht und Weisheit des Urhebers aller Dinge erbauten Tempels gekommen, indem wir unsern Blicken bis jetzt nur den uns sichtbaren Theil des Universums vorgeführt haben. Denn es werden, menschlichen Augen stets verborgen,

5) nicht nur ganze Milchstraßen, aus unzähligen Fixsternensystemen zusammengesetzt, um einander, oder um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, in unermeßlichen Ellipsen eben so sich bewegen, wie wir z. B. den Saturn mit seinen 7 Monden sich um die Sonne bewegen sehen; sondern wir können auch, auf der bisherigen Stufenleiter (§. 69. ff.) weiter fortfahrend, bis zu Systemen vom 100sten, 1000sten Range u. s. w. aufsteigen, bis endlich die Einbildungskraft, völlig erschöpft, in ehrfurchtsvoller Anbetung und vertrauensvoller Hingebung vor dem Throne Dessen niedersinkt, der mit derselben Macht und Weisheit, die über das unendliche Ganze sich erstreckt, auch unsern kleinen Erdball umfaßt, und mit gleicher Vaterliebe über Alles waltet „was Kinder heißt im Himmel und auf Erden."

Zehnter Abschnitt.

Die physischen und mechanischen Gesetze der himmlischen Bewegungen.

§. 72.

a) Wenn wir in den ersten Abschnitten dieser Schrift mit den Bewegungen der Himmelskörper, wie sie an der scheinbaren Himmelssphäre wahrgenommen werden, und sodann weiterhin mit den durch Copernicus und Kepler ans Licht gezogenen wahren Bewegungen und deren Gesetzen (oder

mit den vorzüglichsten Lehren der sphärischen und theorischen Astronomie) uns bekannt gemacht, auch im Verlaufe unserer Betrachtungen ein allgemeineres Gesetz, an welches jene Bewegungen gebunden sind, zu erkennen Veranlassung gefunden haben, so bleibt uns noch übrig, dieses Grundgesetz, und die dasselbe bedingende allgemeine physische Ursache aller Bewegungen in unserm Sonnensystem (wie überhaupt im Weltsystem) noch besonders ins Auge zu fassen, und das Vorhandensein und die Wirkungsart jenes allgemeinen Gesetzes uns so weit begreiflich zu machen, als wir dieß ohne tieferes Eingehen in den nur Wenigen zugänglichen Gegenstand (in die Lehren der sogenannten physischen Astronomie) hoffen dürfen.*)

b) Mechanischer Ursprung der elliptischen Bahnen. — Wir haben schon oben beim Monde gesehen (§. 40., b. u. c.), wie aus dem Zusammenwirken einer Centripetal- und einer Centrifugalkraft, nach dem Huyghen'schen Lehrsatze, eine Kreisbewegung entsteht, und wir können dieß nun auf alle Planeten (auch Satelliten 2c.) anwenden. Jeder Planet würde in einem Kreise, und zwar mit gleichförmiger Geschwindigkeit, um die Sonne laufen, wenn der erste Stoß, der ihm seine tangentielle Bewegung AO (Fig. 21. S. 108.)

---

*) S. den Anhang. — In möglichst populärer Form, und doch gründlich und vollständig, findet man diesen erhabenen Theil der Himmelskunde (auch Mechanik des Himmels genannt; s. §. 74., c. Anmerk., und den Anhang zu §. 72. bis 74.) abgehandelt im dritten Theile der popul. Astron. von F. Th. von Schubert. Petersb. 1810., und, was insbesondere die Störungen (§. 76. ff.) betrifft, in G. B. Airy's (zu Greenwich) populärer physischen Astronomie, aus dem Engl. übers. von K. L. von Littrow. Stuttg. 1839. Für Leser aber, welche hinlängliche mathemat. Vorkenntnisse besitzen, sind vorzüglich zu empfehlen: „Die Elemente der Mechanik des Himmels, auf neuem Wege 2c. dargestellt von A. F. Möbius, Prof. 2c. in Leipzig. Leipz., Weidmann'sche Buchh. 1843. Vergl. §. 74., Anmerk. zu c.

mittheilte (§. 40., b.), genau die Stärke gehabt hätte, die zur Kreisbewegung erforderlich ist, wenn also $AE^2 = AF . AB$ wäre (ebendas.). Wäre das Quadrat der Geschwindigkeit, oder AE^2 genau zweimal so groß als $AF . AB$, so beschriebe der Planet eine Parabel MAP′ (Fig. 29. S. 168.), und wäre sie noch größer, eine Hyperbel NAP″ (§. 55. a., Anmerk.), in welchen beiden krummen Linien die Sonne den Brennpunkt S einnähme, A aber der Scheitelpunkt oder die Sonnennähe der Parabel oder Hyperbel wäre. In diesen beiden Fällen entfernte sich der Planet von der Sonne, ohne je wieder zu ihr zurückzukehren. — Wäre endlich das Quadrat der Geschwindigkeit kleiner als bei der Parabel, so beschriebe der Planet eine Ellipse AP‴D oder AP⁗F (Fig. 29.) um die im Brennpunkte S stehende Sonne, und A wäre einer der beiden Scheitel der einen oder der andern Ellipse, und zwar entweder die Sonnenferne der kleinern Ellipse AF (worin F der Punkt der Sonnennähe), oder die Sonnennähe der größern Ellipse AD (in welcher letztern D der Punkt der Sonnenferne wäre). *)

c) Zum Kreise, wie zur Parabel ist demnach eine ganz bestimmte Stoßkraft oder Wurfgeschwindigkeit erforderlich, und es ist also auch nur ein einziger Fall gedenkbar, in welchem diese Bahnen entstehen konnten, wohingegen unzählige Fälle möglich sind, in denen die Bahnen Ellipsen wurden; daher die Wahrscheinlichkeit unendlich groß ist, daß kein Planet (überhaupt gar kein Körper unsers Sonnensystems) eine ursprüngliche Bewegung erhalten habe, die einen Kreis oder eine Parabel zur Folge gehabt haben würde, sondern daß sie alle die Wurfgeschwindigkeit erhielten, vermöge der sie Ellipsen beschreiben mußten. **)

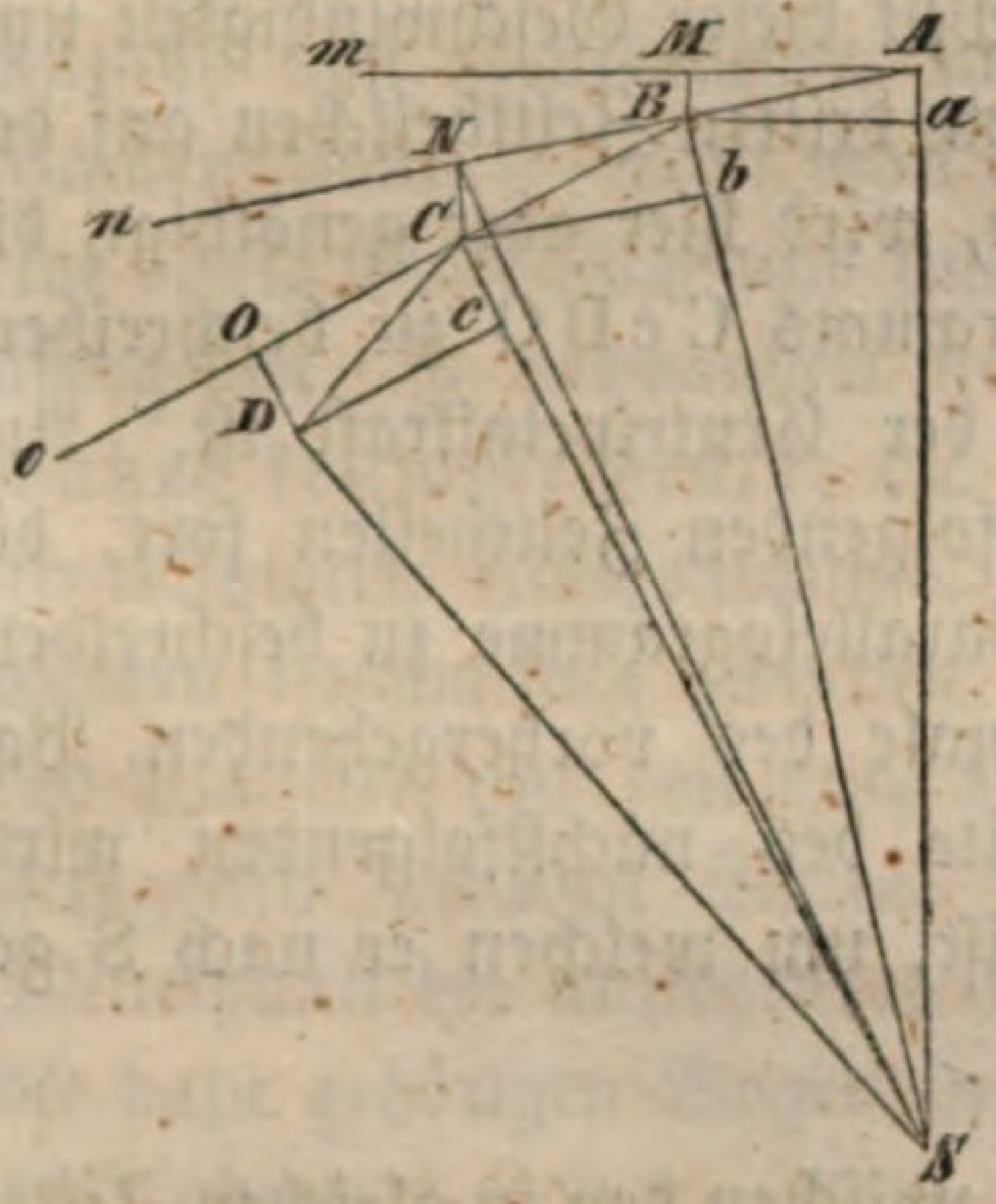
*) S. „Erläuterungen zu Fig. 29." im Anhange zu §. 72., b.

**) Zwar waren auch unzählige Hyperbeln möglich; da aber diese die allergrößte Wurfsgeschwindigkeit erfordern und, wie die Parabeln, einen

§. 73. Physischer und mechanischer Grund des ersten Kepler'schen Gesetzes.

Wie das zweite der Kepler'schen Gesetze (§. 28., a.) nach der eben (in §. 72., c.) gegebenen Erklärung aus mechanischen Gründen erweislich ist, so läßt sich auch das erste (ebendas.) aus einem physischen Grundgesetze geometrisch herleiten.

Figur 37.



a) Von A aus (man hat sich hier darunter das Aphelium zu denken) beginne ein Planet (Fig. 37.) seinen Lauf um die Sonne S, als den Centralkörper seiner Bewegung. Die anziehende Kraft in S wirke zwar ununterbrochen (stetig) auf den Planeten; aber man kann sich fürerst vorstellen, daß sie stoß- oder ruckweise im Anfange jedes Zeittheilchens auf ihn wirke. Der Planet habe in A die tangentielle Richtung Am, und suche in einem sehr kleinen Zeittheilchen, wie in einer Secunde (Tertie 2c.), das Stück AM dieser geraden Linie zu durchlaufen; in demselben Zeittheilchen aber werde er durch die Anziehungskraft der Sonne durch den kleinen Raum Aa nach S hingezogen. Durch beide Kräfte (die Wurfkraft und die Attractionskraft) zugleich getrieben (vergl. §. 40., a. u. b.), beschreibt er nun weder AM, noch Aa, sondern die Diagonal-

---

wahren Umlauf ausschließen, so kann man wohl als gewiß annehmen, daß die Natur den Ellipsen den Vorzug gegeben habe. So viel ist ausgemacht, daß die uns bekannten Bahnen aller himmlischen Körper, die wirkliche Umläufe machen, Ellipsen sind.

linie AB des Parallelogrammes (vergl. §. 63., b.) AaBM, worin MB = Aa ist. — Man verlängere AB auf der Tangente Bn, bis N, und nehme BN = AB. Der Planet sucht in B seine Richtung, also die nach Bn, so wie seine Geschwindigkeit AB, vermöge des Gesetzes der Trägheit, zu behalten.

Die Centripetalkraft nöthige ihn in B durch Bb nach der Sonne S hinzufallen; so beschreibt er die Diagonale BC des Parallelogramms BbCN, und seine Geschwindigkeit im zweiten Zeittheilchen ist BC. Mit dieser Geschwindigkeit und der Richtung BC will er in dem dritten Zeittheilchen auf der Tangente Co bis CO fortgehen, wird hier aber genöthigt, die Diagonale CD des Parallelogramms CcDO zu beschreiben, in welchem Cc die Wirkung der Centripetalkraft ist. Auf gleiche Weise fährt er in allen folgenden Zeittheilen fort, die Diagonalen der entstehenden Parallelogramme zu beschreiben, so daß die verlängerte Diagonale des vorhergehenden Parallelogramms immer die Seite des nächstfolgenden wird, dessen andere Seite der Raum ist, um welchen er nach S gezogen wird.

b) Nun sind die Dreiecke zwischen den in gleichen Zeiten beschriebenen Diagonalen AB, BC, CD u. s. w. und den Linien nach der Sonne AS, BS, CS u. s. w. einander gleich. Denn 1) sind, wegen der gleichen Grundlinie AB, BN, und der gemeinschaftlichen Spitze in S, die Dreiecke ASB, BSN einander gleich;*) — 2) ist dem BSN das BSC gleich, weil beide Dreiecke dieselbe Basis SB haben, und ihre Spitzen N, C in einer mit der Basis parallelen NC liegen,**) — woraus 3) folgt, daß das Dreieck BSC gleich

*) Kl. math. Handb. §. 88.

**) Ebendas.

dem ASB ist, ebenso, wie nun auch CSD gleich dem BSC ist u. s. w.

Verkleinert man nun die angenommenen gleichen Zeittheilchen immer mehr, so wird die stoßweise Wirkung (nach der Annahme in a) immer unablässiger; die Anzahl der Diagonalen wird größer, diese selbst werden immer kleiner, und der gebrochene geradlinige Weg ABCD des Planeten nähert sich immer mehr einer krummen Linie; die in gleichen Zeittheilchen beschriebenen einzelnen Dreiecke (Flächenräume) bleiben sich aber immer gleich, so wie auch die in einer gleichen Anzahl von Zeittheilchen um S beschriebenen geradlinigen Flächenräume. — Läßt man endlich die stoßweise Wirkung in eine völlig unablässige und zusammenhängende, oder stetige,*) übergehen, so verwandelt sich der gebrochene Weg in eine wahre krumme Linie; die in gleichen Zeiten beschriebenen geradlinigten Flächenräume, wie ABCSA und BCDSB, werden krummlinig zwischen den Bogen der krummen Bahn des Planeten und den nach S durch die Endpunkte der Bogen gezogenen geraden Linien. Diese Flächenräume um den Mittelpunkt der anziehenden Kraft in S sind also gleich, wenn die dazu gehörigen Bogen in gleichen Zeiten beschrieben werden, oder:

die Planeten beschreiben in gleichen Zeiten um die Sonne gleiche Flächenräume (Secto-

---

*) Eine stetig wirkende Kraft, vermöge welcher die geradlinige Geschwindigkeit des durch sie angezogenen und bewegten Körpers der Zeit proportial zunimmt, und der seit dem Anfange der Bewegung durchlaufene Raum dem Quadrate der indeß verflossenen Zeit proportional ist (§. 40., d. Anm. **), heißt eine beschleunigende, und zwar gleichförmig beschleunigende Kraft. Eine solche Kraft ist der Erfahrung zufolge die Schwerkraft der Erde, wie sie sich namentlich bei freifallenden Körpern zeigt, — und zum Maaße derselben dient die am Ende des ersten Zeittheiles (einer Secunde rc.) erlangte Falltiefe von 15 Fuß.

ren von gleichem Flächeninhalte). *) — Hiermit ist denn

c) auch das erste Kepler'sche Gesetz geometrisch und aus mechanischen Gründen erwiesen. — Sind nun die Centripetalkräfte der Planeten nach der Sonne gerichtet, so müssen sie um diese in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreiben. Da sie dieses erwiesenermaßen wirklich thun, so folgt auch umgekehrt, daß ihre Centripetalkräfte nach der Sonne gerichtet sind, oder daß die mit N C parallele Richtung B b, nach der der Planet in jedem Punkte B getrieben wird, beständig durch die Sonne S geht.

Die Sonne ist also der Mittelpunkt, oder der Centralkörper unsers Planetensystems, gegen welchen die großen Planetenkörper eben so durch eine anziehende Kraft (die Schwere) getrieben werden, wie die Körper auf unserer Erde gegen deren Mittelpunkt, oder wie unser Mond gegen die Erde (§. 40., e.), oder wie die Trabanten anderer Planeten gegen diese (§. 47., e.), welche ebenfalls in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreiben, ja selbst wie die Kometen in ihren weit ausgestreckten Bahnen (§. 54., a.).

§. 74. Grundgesetz der Gravitationslehre.

Wir haben nun noch die Frage zu erörtern: welchen Ausdruck wir dem Grundgesetze der Gravitation, aus welchem, wie aus der Urquelle, alle Bewegungen im Planetensysteme nach den Kepler'schen Gesetzen herfließen, zu geben haben.

a) Zur Lösung dieser Frage führt das durch die Erfah-

*) Allgemeiner folgt aus obigem Beweise: jeder Körper, auf den die Anziehungskraft eines Centralkörpers wirkt, beschreibt um letztern in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume, — so daß dieses Grundgesetz auch bei allen Trabanten eines Planeten, den Kometen 2c. seine Wirksamkeit behauptet, überhaupt für alle Bahnen gilt, die nach irgend einem Kegelschnitte beschrieben werden.

rung gegebene dritte Kepler'sche Gesetz, vermöge dessen die Quadrate der Umlaufszeiten je zweier Planeten sich wie die Würfel der mittlern Entfernungen von der Sonne verhalten.

Zuvörderst läßt sich nämlich aus diesem Gesetze leicht die Folgerung ziehen:

aa) daß die Quadrate der Geschwindigkeiten zweier Planeten sich umgekehrt wie deren Entfernungen von der Sonne verhalten;*)

und hieraus weiter beweisen:

bb) daß die Kräfte, durch welche die Planeten zur Sonne gezogen werden, in umgekehrtem Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen stehen.**)

Statt der nicht allen Lesern verständlichen Formelsprache, in welche der Beweis dieser Sätze einzukleiden sein würde, möge ein Zahlenbeispiel zur Erläuterung dienen. Bedeuten nämlich

A und a die Abstände zweier Planeten von der Sonne (oder die Halbmesser der Bahnen),

C und c die Geschwindigkeiten ihrer Bewegung in einer Secunde, und

P und p die Kräfte, welche die Planeten nach der Sonne treiben, so ist, wenn ferner die Entfernung des einen Planeten $A = 1$, die des andern $a = 4$ gesetzt wird,

1) $C^2 : c^2 = 4 : 1$ oder $= 1 : 1/4$; folglich (wenn man auf beiden Seiten die Quadratwurzel auszieht):

$$C : c = 1 : 1/2;$$

d. h. der 4mal entferntere Planet bewegt sich halb so geschwind als der nähere, und braucht folglich 8 Jahre,

---

*) S. den 1. Zusatz im Anhange zu §. 74., a.

**) S. ebendas. (zu §. 74., a.).

um seine 4mal größere Bahn zu durchlaufen (wenn der nähere in 1 Jahre umläuft).

2) Da ferner $C^2 : c^2 = 1 : \frac{1}{4} = 4 : 1$, und

$A : a = 1 : 4$

ist, so verhält sich*)

$P : p$ wie $\frac{4}{1} : \frac{1}{4} = 16 : 1$; oder wie $4^2 : 1^2$ ($4^2 : 1$); d. h. der 4mal nähere Planet wird $4.4 = 16$mal stärker angezogen als der entferntere, oder der 4mal entferntere $4.4 = 16$mal schwächer als der nähere.

b) Das große Grundgesetz für die Planeten (überhaupt für die Central-) Bewegungen ist also dieses:

die Kräfte, mit denen die Planeten nach der Sonne gezogen werden, verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne (wie wir dieß schon oben bei dem Monde in Beziehung auf die ihn anziehende Kraft der Erde gesehen haben; §. 40., d. und e.).

c) Wie die Sonne, so haben auch die Planeten, überhaupt alle Körper unsers Sonnensystems eine anziehende Kraft, und es ziehen je zwei Körper (z. B. die Sonne die Erde, und die Erde die Sonne, die Erde den Mond und umgekehrt, der Jupiter seine Trabanten und diese den Jupiter u. s. w.), nach Maaßgabe der Menge der materiellen Theile, aus denen sie bestehen, einander an. Hiernach muß das eben

*) Es ist nämlich 1) $C^2 : c^2 = \frac{1}{A} : \frac{1}{a}$, nach Kepler's 3. Gesetze; und 2) $P : p = \frac{C^2}{A} : \frac{c^2}{a}$, nach dem Huyghens'schen Lehrsatze (§. 40., c.); folglich, wenn man in 2., statt $C^2 : c^2$ aus 1. das gleiche Verhältniß $\frac{1}{A} : \frac{1}{a}$ setzt, $P : p = \frac{1}{AA} : \frac{1}{aa}$; d. h. die anziehenden Kräfte P und p verhalten sich verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen A und a (wie $a^2 : A^2$).

(unter b.) angeführte Gesetz noch einen wesentlichen Zusatz erhalten, und so ausgedrückt werden:

die anziehenden Kräfte zweier Körper verhalten sich direct wie ihre Massen, und umgekehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen.

Dieses wichtige, zuerst von Newton (§. 40. e.) entdeckte und angewendete Naturgesetz *) regiert alle, selbst die verwickeltsten, himmlischen Bewegungen. Dasselbe gilt nicht nur für kreisförmige, sondern auch für elliptische Bahnen (als die wirklichen Bahnen im Sonnensysteme), in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. In diesem verhalten sich die Centripetalkräfte nothwendig umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen von der Sonne, und die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Würfel der mittlern Entfernungen.

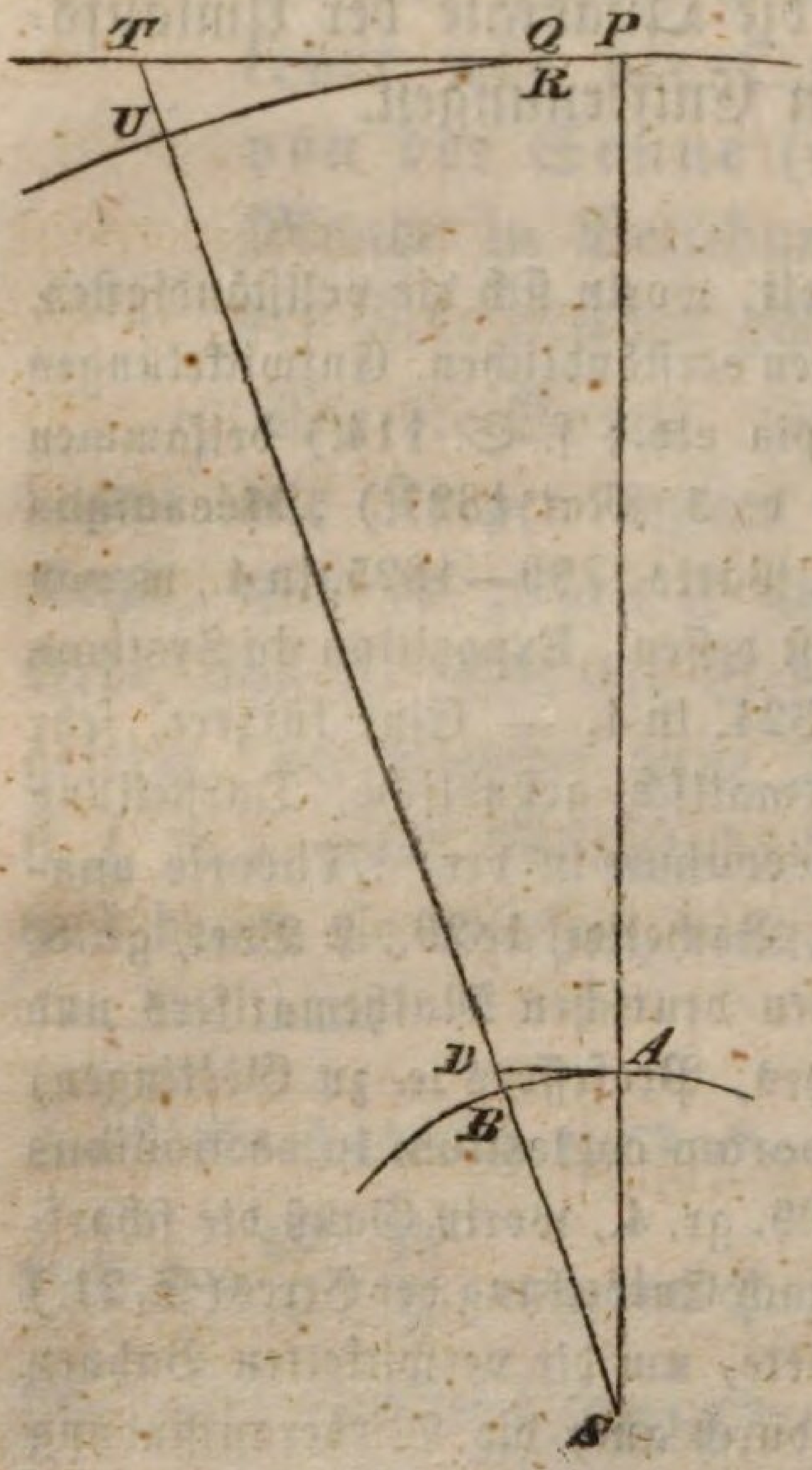
---

*) Das tiefsinnigste Werk neuerer Zeit, worin sich die vollständigsten, aber freilich auch nur für die Eingeweiheten verständlichen, Entwickelungen der Newton'schen Theorie (der Principia etc.; s. S. 114.) beisammen finden, ist La Place's (gest. zu Paris d. 5. Mai 1827.) „Mécanique céleste," mit den Supplementen 5 Bde., Paris 1799—1825. in 4., wovon als populäre Bearbeitung zu betrachten ist dessen „Exposition du Système du Monde," 2 Bde., 5. Ausg. Paris 1824. in 4. — Eine kürzere, sehr empfehlungswerthe und ebenfalls mathematisch-gründliche, Darstellung dieses großen Gegenstandes, giebt Pontécoulant in der: „Théorie analytique du Système du Monde," Paris, Bachelier, 1829., 2 Bde., gr. 8. Auch sei hier noch erwähnt unsers großen deutschen Mathematikers und Astronomen K. Friedr. Gauß (Hofrathes, Professors ꝛc. zu Göttingen) berühmtes Werk: „Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium," Hamb. 1809. gr. 4., worin Gauß die scharfsinnigen Methoden entwickelt hat, die er nach Entdeckung der Ceres (S. 21.) zu Anfange dieses Jahrhunderts anwendete, um die verwickelten Bahnen der 4 neuen Planeten zu berechnen, wodurch auch die Wiederauffindung der Ceres und die Entdeckung der drei übrigen dieser kleinen Himmelskörper herbeigeführt, übrigens viel dazu beigetragen ward, dem um diese Zeit lebhaft angeregten Sinne für genauere und sorgfältigere Benutzung der astronomischen Beobachtungen die rechte Richtung zu geben.

§. 75. Herleitung des 3. Kepler'schen Gesetzes aus dem allgemeinen Gravitationsgesetze.

a) Gewiß wird es für jeden Leser sehr interessant sein, einzusehen, wie das nach dem dritten Kepler'schen Gesetze zwischen den Abständen der Planeten und ihren Umlaufszeiten Statt findende Verhältniß nothwendig durch das allgemeine Attractionsgesetz (§. 74., b.) bedingt sei. Wir wollen also versuchen, diesen Zusammenhang, so weit dieß ohne viele Voraussetzungen*) geschehen kann, durch leicht übersichtliche Schlüsse uns klar zu machen.

Figur 38.



Denken wir uns unter P (Fig. 38.) einen Planeten, und zwar einen solchen, der, wie wir schon in §. 74. angenommen haben, 4mal so weit als die Erde A von der Sonne S entfernt ist, so wird dessen Umlaufszeit nach Kepler's 3. Gesetz gerade 8 Jahre sein; denn 8^2 ist $= 4^3$ (oder $8 . 8 = 64$, und $4 . 4 . 4 = 64$).

Die Erde durchläuft in ihrer, hier als kreisförmig angenommenen, Bahn in einem Tage nicht ganz 1 Grad (nur $\frac{360}{360^1/_4}$ Grad). Wenn nun AB diesen Bogen vorstellt, so ist DB der Fallraum, um den sich, vermöge der Schwere gegen die Sonne, die Erde von der Tan=

*) S. den Anhang zu §. 75., a.

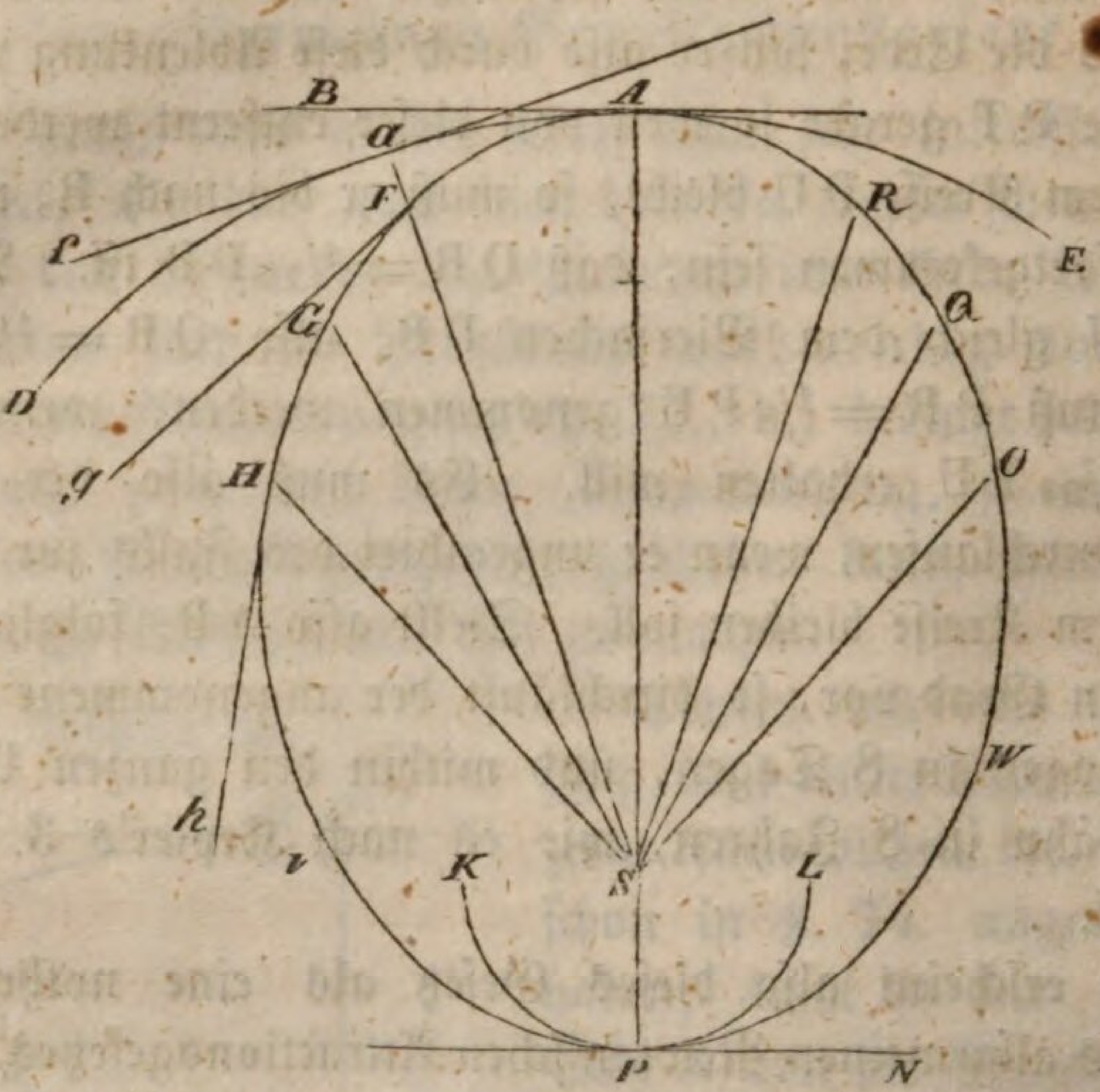
gente AD in einem Tage entfernt. Der 4mal so weit entfernte Planet P wird 16mal schwächer von der Sonne angezogen als die Erde; soll er also durch diese Ablenkung von der Tangente PT gerade so weit von dieser entfernt werden, daß er auf dem Kreise PU bleibt, so muß er bis nach R, nämlich so weit fortgekommen sein, daß $QR = \frac{1}{16} DB$ ist. Nun ist aber TU gleich dem Vierfachen DB, also $QR = \frac{1}{64} TU$; ferner muß $PR = \frac{1}{8} PU$ genommen werden, wenn man $QR = \frac{1}{64} TU$ erhalten will. Es muß also der Planet $\frac{1}{8} PU$ durchlaufen, wenn er ungeachtet des Falls zur Sonne auf seinem Kreise bleiben soll. Stellt also AB, folglich auch PU einen Grad vor, so durchläuft der angenommene Planet diesen Bogen in 8 Tagen, und mithin den ganzen Umkreis seiner Bahn in 8 Jahren, wie es nach Kepler's 3. Gesetze sein muß.

So erscheint also dieses Gesetz als eine nothwendige Folge des allgemeinen Newton'schen Attractionsgesetzes, so wie sich hinwiederum dieses als ein nothwendiges Ergebniß aus jenem erstern erweisen läßt (und §. 74. erwiesen worden ist).

b) Nicht überflüssig wird es sein, hier noch auf eine einfache Weise zu zeigen, wie ein Planet, ungeachtet der bald stärker, bald schwächer auf ihn wirkenden Attraction der Sonne, (so auch der von der Erde angezogene Mond) in seiner elliptischen Bahn erhalten, und in dieser immer wieder aufs Neue um seinen Centralkörper herumgeführt werde.

Es sei in Fig. 39. AHPWA die elliptische Bahn des Planeten um die in dem einen Brennpunkte S stehende Sonne, AP die große Axe der Bahn, A das Aphelium und P das Perihelium in derselben. — In A und P ist die Richtung der Bewegung (nach der Tangente AB, PN) senkrecht (oder normal) auf die Richtung der Schwere, also auf AS, PS. Wäre nun die anfängliche Wurfskraft gerade so groß gewesen, als zur Bewegung im Kreise erforderlich ist (§. 40., c.), so wäre

Figur 39.



von A aus der Planet nach a, also auf dem Kreise EAD fortgerückt und hätte hier wieder die gegen den Radius Vector senkrechte Richtung af gehabt, und so immer weiter. Da auch die Schwere in diesem Falle senkrecht gegen die Richtung der Bewegung wirkte, so konnte sie weder, wie beim fallenden Körper, zur Vermehrung der Geschwindigkeit, noch, wie bei dem aufwärts steigenden Körper, zu deren Verminderung beitragen. Der Planet hätte also, bei obiger Voraussetzung, in a noch dieselbe Geschwindigkeit wie in A, und da er in a nicht stärker als in A von der Sonne angezogen wäre, so bliebe er hier, wie weiterhin, auf dem Kreise EAD, dessen Halbmesser AS = aS ist. Bei eben derselben Voraussetzung vollführte der Planet, wäre er von P ausgegangen, seinen Lauf um die Sonne in einem Kreise KPL, oder er rückte von P nach L u. s. w. Anders gestaltet sich die Sache, wenn der Planet in A (um jetzt diesen Punkt als den Anfangspunkt der Bewegung anzunehmen) mit einer Ge-

schwindigkeit ausgegangen wäre, die geringer war als die zur Kreisbewegung erforderliche. Solchen Falls wären die Tangenten F g, H h u. s. w. in F und H nicht mehr normal auf den Radius Vector F S, H S u. s. w. geblieben; letzterer wäre von A aus immer kleiner und die Anziehung der Sonne stärker geworden. Die weitern Folgen ergeben sich leicht.

Wir wollen also den eben gesetzten Fall als wirklich annehmen, und dabei eingedenk bleiben, daß, je größer oder je geringer die anfängliche Geschwindigkeit des Planeten ist, desto weniger oder desto mehr gekrümmt seine Bahn werden müsse, und umgekehrt (§. 72., b.). Wenn nun der Planet von dem Punkte A mit einer so kleinen Geschwindigkeit ausging, daß die Sonne durch ihre Attractionskraft seinen Weg bedeutend krümmte und ihn unmittelbar sich ihr zu nähern zwang, so sehen wir, daß die Anziehungskraft der Sonne seine Geschwindigkeit, während er durch die Punkte F, G, H geht, nothwendig vergrößern müsse; denn diese Kraft wirkt nun nicht mehr in einer auf die Tangente senkrechten, sondern schrägen Richtung, oder der Winkel, den die Tangente der Bahn mit dem Radius Vector macht, wie g F S in dem Punkte F, und h H S in dem Punkte H, ist ein spitziger Winkel geworden; die Anziehungskraft der Sonne wirkt also nun stärker (die Richtung des Laufs F G, G H nähert sich den Zuglinien nach der Sonne G S, H S, wirkt also mit diesen nahe nach einer gleichen Richtung), und treibt den Planeten längs seiner Bahn F G, G H u. s. w. fort, wodurch nothwendig seine Geschwindigkeit vermehrt wird (gerade wie, wenn eine Kugel auf einer schiefgestellten Fläche hinabläuft, die Schwere, deren Richtung nur wenig gegen die Fläche geneigt ist, die Kugel hinabzieht und deren Geschwindigkeit beschleunigt). Auf diese Weise nimmt demnach die Geschwindigkeit immer zu, so wie der Planet durch die Punkte F, G, H geht; und obschon die Anziehungskraft der Sonne auf den immer näher

kommenden Planeten viel stärker wirkt und also die Bahn mehr zu krümmen sucht, so macht doch die sehr vergrößerte Geschwindigkeit, daß die Bahn in der That sich nicht mehr krümmt, als früher. Durch genauere (streng mathematische) Rechnung findet man, daß der Planet vom Punkte A aus der Sonne sich mit immer zunehmender Schnelligkeit nähert, bis er nach einer halben Umlaufszeit zu dem Punkte P gelangt, wo die Richtung seiner Bewegung PN wieder normal gegen den Radius Vector SP ist. Hier nähert sich der Planet der Sonne gar nicht mehr (so daß er etwa in einem Kreise KPL von P nach L zu liefe); denn seine Geschwindigkeit ist so groß, die Krümmung seiner Bahn folglich so klein, daß er sich von der Sonne zu entfernen anfängt. Indem er nun nach und nach durch die Punkte W, O, Q u. s. w. geht, verzögert die Anziehungskraft der Sonne, die immer von W, O, Q u. s. w. nach S hingerichtet ist und der Richtung seines Laufes WO, OQ u. s. w. eben so entgegen wirkt, wie sie auf der andern Seite von AP sich mit der Richtung des Laufes FG, GH u. s. w. vereinigte, die Geschwindigkeit des Planeten in eben der Maaße, wie sie dieselbe von A aus nach F, G u. s. w. bis P beschleunigte (in ähnlicher Weise, wie die Schwere die Bewegung einer auf einer schiefen Fläche aufwärts getriebenen Kugel vermindert und verzögert), so daß der Planet genau in der andern Hälfte seiner Umlaufszeit wieder in A eintrifft. Hier (in A) ist seine Geschwindigkeit wieder sehr klein und von der Geschwindigkeit, die er auf der Bewegung in dem Kreise EAD haben müßte, bedeutend abweichend. Obschon aber auch die Anziehungskraft der Sonne in diesem Punkte sehr vermindert ist, so ist sie doch noch immer stark genug, um die nach AB gerichtete Tangentialkraft zu überwiegen, und den nur langsam sich bewegenden Planeten von dieser so abzulenken, daß dessen Bahn nach AF u. s. w. hinlänglich gekrümmt wird und er der Sonne allmälig sich wieder nähert.

Der Planet fängt also in A seinen vorigen Lauf von vorn an, und fährt fort, in derselben Bahn seine Bewegung um die Sonne zu erneuern und nach einem immer gleichen Zeitraume zu vollenden.

§. 76. Allgemeinheit des Gesetzes der Schwere. Störungen durch dasselbe, zunächst im Mondlaufe.

a) Wie die Schwerkraft eine nicht nur durch unser ganzes Planeten-, Trabanten- und Kometensystem, sondern unstreitig durch das ganze Weltall verbreitete Kraft ist und nach dem großen Grundgesetze der Gravitation (§. 74., b. und c.) alle Bewegungen der Himmelskörper, selbst in den fernsten Räumen der Firsternwelt (wie namentlich an den Bewegungen der Sonne und der Doppelsterne zu ersehen ist; §. 68. und 69.) allgewaltig regiert und in bewundernswürdiger Ordnung erhält; so ist sie es auch, welche, indem sie all- und gegenseitig wirkt, in dem Laufe der Himmelskörper verschiedene, im Allgemeinen nur geringe und meistentheils überaus langsame, Abweichungen und Verrückungen von und in der elliptischen Bewegung (man nennt sie überhaupt Störungen, oder Perturbationen) hervorbringt. Nur einiges Wenige mag hiervon namhaft gemacht werden, zugleich als Beweis für das Dasein eines großen Naturgesetzes der allgemeinen Anziehung.

b) Störungen im Mondlaufe. — An dem Monde unserer Erde treten Abweichungen der gedachten Art am deutlichsten hervor. Sie würden nicht Statt haben, wenn außer der Erde kein Körper vorhanden wäre, der auf ihn wirkte oder in die Wirkung, welche die Erde auf ihn ausübt, sich einmischte. Da aber die Sonne, ob sie gleich 400mal weiter von dem Monde absteht als die Erde, ihre Attraction so gut auf den Mond wie auf letztere erstreckt, so entstehen alle die Ungleichheiten im elliptischen Laufe des Mondes, die oben

(§. 36., b.) angedeutet worden sind. Steht z. B. der Mond zwischen der Erde und der Sonne, so wirkt die Sonne auf ihn stärker als auf die Erde und vermindert seine Schwere gegen diese. Im Vollmonde hingegen wirkt die Sonne stärker auf die Erde als auf den entferntern Mond, und zieht jene gleichsam von diesem ab, welches eben so ist, als wenn eine äußere Kraft den Mond von der Erde abzöge. In den Quadraturen (und Octanten) vermehrt die Sonne die Schwere des Mondes gegen die Erde, welche überhaupt genommen nicht so groß ist, als sie ohne Mitwirkung der Sonne sein würde. Diese Wirkungen (Variationen genannt) zeigen sich auch in einer wechselsweise beschleunigten und verminderten Geschwindigkeit in der Bewegung des Mondes, so daß hierdurch der wirkliche Ort des Mondes von dem nach den Kepler'schen Gesetzen berechneten bald mehr, bald weniger abweicht. Da ferner die Anziehungskraft der Erde gegen den Mond ihre Stärke ändert, je nachdem dieser in der Erdnähe oder Erdferne steht (§. 36., b.), so daß die Anziehungskraft der Sonne von mehr oder weniger starkem Einflusse ist; so entstehen hieraus Verlängerungen oder Zusammenziehungen der Mondbahn (Evectionen), die ebenfalls bedeutende Correctionen nöthig machen. Endlich werden auch dadurch, daß der die Erde bei ihrer jährlichen Bahn um die Sonne begleitende Mond sich mit der Erde bald der Sonne nähert, bald sich von ihr entfernt (§. 27., c.), Ungleichheiten im Mondlaufe bewirkt, die sich während eines Jahres ausgleichen (daher jährliche Gleichung genannt), statt daß jene ersten Ungleichheiten einen monatlichen Verlauf haben. — Insbesondere entsteht aus der Wirkung der Sonne auf den Mond die so merkliche Veränderung in der Lage der Mondbahn gegen die Ekliptik (§. 32., c.). Denn da die Fläche der Mondbahn nicht mit der Ebene der Erdbahn zusammenfällt, so sucht die Sonne den Mond in allen Punkten seiner Bahn, wo er von der letztern

abweicht (südlich oder nördlich von der Ekliptik steht) in die Ebene der Erdbahn herabzuziehen, und daraus, daß diesem Zuge der Sonne die Flugkraft des um die Erde laufenden Mondes entgegenwirkt, entsteht das frühere Eintreffen des Mondes in seinem Knoten, oder das Zurückgehen der Knotenlinie der Mondbahn.*)

Sämmtliche Ungleichheiten des Mondlaufes (deren es außer den genannten noch sehr viele giebt, die aber alle aus der mannigfaltig sich durchkreuzenden Wirkung zweier Kräfte, der Anziehungskraft der Erde und der Sonne, entstehen) zu berechnen, ist eine der schwierigsten Aufgaben der rechnenden Astronomie. Die Mondtafeln (§. 36., b.) und deren Uebereinstimmung mit der wirklichen Bewegung des Mondes (zu jeder Zeit der Beobachtung) zeigen aber, wie unumstößlich wahr die Lehren der physischen Astronomie sind, auf welche dieselben sich gründen.

§. 77. Störungen durch den Mond.

a) Ebbe und Fluth. — Allbekannt sind die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, welche im Allgemeinen darin bestehen, daß das Meer (die Wirkung der Winde und Stürme abgerechnet) nicht seine ruhige Lage behält, sondern in ungefähr 6 Stunden von Osten nach Westen strömt, indem es allmälig höher steigt; daß es fast 1/4 St. still steht und sich alsdann während anderer 6 Stunden von Westen nach Osten zurückzieht; daß es nach einer zweiten Ruhe von 1/4 St. wie-

---

*) Daß die Axendrehung des Mondes (§. 35., a.) und die aller übrigen Trabanten (§. 47., d.) von der Rotation, die bei der Erde und den übrigen Planeten Statt findet, abweicht, indem sie mit der Umlaufszeit zusammenfällt, erklärt man, namentlich bei unserm Monde, daraus, daß die uns zugekehrte Hälfte des Mondes viel mehr in die Länge gezogen ist, als die andere, und vermöge ihres größern Gewichts stärker von der Erde angezogen wird, daher also dieser immer zugewendet bleiben muß.

der anfängt, von Osten nach Westen zu strömen u. s. w. — Die Zeit der Ebbe und Fluth beträgt ungefähr 12 St. 25 Min., als die Hälfte eines Mondentages (= 24 St. 50 Min.), d. h. der Zeit, welche zwischen zwei auf einanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch den Meridian eines Ortes verfließt. Es findet also unter einem bestimmten Meridian so oft Ebbe und Fluth Statt, als der Mond sowohl durch den obern als durch den untern Meridian geht, folglich in 24 St. und 50 Min. zweimal.

Diese Erscheinungen, deren einzelne Umstände hier zu beschreiben zu weitläuftig sein würde, stehen in einem offenbaren Zusammenhange mit der Bewegung des Mondes und sind also der Einwirkung dieses unsers Satelliten (zugleich aber auch der Miteinwirkung der Sonne, je nach ihrem Stande gegen Mond und Erde) auf die bewegliche Masse der großen Erdgewässer zuzuschreiben. Die Berechnung dieser Erscheinungen nach den Gesetzen der Attraction stimmt mit der Erfahrung auf das Vollkommenste überein, ja sie hat sogar dahin geführt, daß man aus dem Antheil,*) den der Mond an der Erhebung des Meeres bei der Fluth hat, die Masse dieses Weltkörpers (s. unten §. 79., a.) hat berechnen können.

b) Vorrücken der Nachtgleichen. — Da auf der abgeplatteten Erde um den Aequator herum mehr Masse angehäuft ist als weiter nach den Polen hin; da ferner der Erdäquator eine schräge Lage gegen die Erdbahn oder die Ekliptik

*) Man hat durch Rechnung gefunden, daß die Wirkung des Mondes bei der Fluth um 2½mal stärker ist, als die der 400mal weiter von uns entfernten Sonne, obschon auch letztere noch stark genug ist, um eine Ebbe und Fluth hervor zu bringen, so daß es eigentlich zwei verschiedene Arten von Ebbe und Fluth giebt, die in den Anziehungen des Mondes und der Sonne ihren Grund haben, deren Wirkungen sich vereinigen, oder theilweise einander aufheben, je nachdem die Kräfte, aus denen sie hervorgehen, nach einerlei oder nach entgegengesetzten Richtungen wirken.

hat (§. 18., a.), so wirken Sonne und Mond (letzterer mehr wie erstere) auf jene angehäufte Masse eben so, wie die Sonne auf den in einer gegen die Ebene der Erdbahn geneigten Bahn umlaufenden Mond (§. 76., b.); d. h. sie suchen den Erdäquator in die Ebene der Erdbahn herabzuziehen, wodurch beide Bahnebenen endlich zusammenfallen würden. Da aber der schnelle Umschwung der rotirenden Erde jener Wirkung entgegenstrebt, so ist der Erfolg des Zusammenwirkens beider Umstände nur dieser: daß die Durchschnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik (eben so wie der Durchschnitt der Mondbahn mit der Ekliptik) auf letzterer eine rückgängige Bewegung machen, woraus sich also das Voreilen der Nachtgleichen und alle die damit verbundenen Erscheinungen (§. 23., b. u. c.), die der Vorzeit ganz unbegreiflich waren, und allerdings, bei der damals noch verborgenen Grundursache aller himmlischen Bewegungen, unbegreiflich scheinen und zu den unnatürlichsten Auslegungen führen mußten, auf die einfachste, ungezwungenste Weise erklären lassen*) (vergl. §. 60., c.).

---

*) Der Mond allein bewirkt bei dem langen Umlaufe der Aequinoctialpunkte (er beträgt gegen 26000 Jahre; §. 23., b.) noch eine kleine periodische Ungleichheit, die Nutation (das Schwanken der Erdaxe) genannt, indem er während seines Knotenumlaufs (§. 32., c.) von fast 19 Jahre die Erdaxe in einem kleinen Kreise von 16″ im Durchmesser um einen auf dem größern Kreise jedes Jahr um $50^1/_4$″ fortrückenden Punkt herumführt, — welche Bewegung zuerst von Bradley (§. 62., b.) beobachtet und erklärt worden ist. — Noch sei hier aufmerksam gemacht auf eine kleine, sehr sinnreich und doch einfach construirte Maschine, die Bohnenberger'sche Schwungmaschine genannt (vom Prof. Bohnenberger in Tübingen, gest. 1831., erfunden), welche auf eine vortreffliche Weise den Parallelismus der Erdaxe und das langsame Rückwärtsgehen dieser Axe versinnlicht, und Beides aus seinen wahren mechanischen und phys. Ursachen erklärt. Man sehe das Schriftchen: „Beschreibung einer Maschine zur Erläuterung der Gesetze der Umdrehung der Erde u. s. w." Tüb. 1817. (auch die Tübinger Blätter für Naturwissenschaften ꝛc. Bd. III. 1. St.

§. 78. Gegenseitige Störungen der Planeten ꝛc.

Auch die Planeten bringen, wenn sie einander nahe genug sind, durch ihre gegenseitige Anziehung, nach Maaßgabe ihrer Massen, Veränderungen in ihrer Bewegung hervor, welche sich berechnen lassen, und zum Behuf genauer Bestimmung ihres jedesmaligen Ortes berechnet werden müssen. So wird z. B. die Erde durch die Venus, weil diese ihr so nahe ist, und durch den Jupiter, wegen dessen sehr ansehnlichen Größe und Masse aus ihrer elliptischen Bahn gezogen. Sehr beträchtlich ist die Störung, die Saturn vom Jupiter erleidet, obschon dieser auch von jenem, und der noch entferntere Uranus von beiden in seinem Laufe gestört wird. Die Trabanten des Jupiters und Saturns üben einen gegenseitigen Einfluß auf ihre Bewegungen aus, und an den Kometen ist die störende Einwirkung der Planeten überaus merklich, wie denn z. B. in deren Folge der Lauf des Halley'schen Kometen bei seinen letzten Erscheinungen (§. 55., b.) sehr bedeutende Abweichungen in der Umlaufszeit ꝛc. gezeigt hat.

Merkwürdig ist aber noch insbesondere das Fortrücken der Apsiden des Mondes, der Sonne und der Planeten, und das Zurückgehen der Knoten der Planetenbahnen, ingleichen die, wiewohl sehr langsame, Abnahme der Schiefe der Ekliptik (sie beträgt in 100 Jahren 48 Sec.), oder die abnehmende Neigung der Ebene der Erdbahn gegen die Fläche des Aequators, obschon, wie tiefsinnige Berechnungen zeigen, diese (nur auf 2 bis 3° sich erstreckende) Abnahme wieder in Zunahme (bis zu etwa gleich großem Betrage) übergehen wird, also auch diese Veränderung nur periodisch (nämlich in

---

S. 72 ff.; desgl. Gilbert's Annalen für Physik ꝛc. Bd. LX. vom J. 1819., S. 60 ff.). — Diese Maschine wird vom Mechanicus Buzengeiger in Tübingen (für etwa 3 Duc.), sehr genau auch vom Mechanicus Burger in Dresden verfertigt.

den langen Zeitraum von vielen tausend Jahren eingeschlossen) ist. *)

Alle diese und andere theils kürzere, theils sehr langsamen Veränderungen und Ungleichheiten (Störungen, zu denen namentlich auch noch die Vergrößerung und Verminderung der Excentricitäten und der Neigungen der Bahnen gehört) haben die neuern Astronomen mit einer erstaunenswerthen Genauigkeit aus der gegenseitigen Einwirkung der Planeten berechnet, und auch diese Berechnungen, auf welche sich die Planetentafeln rc. (§. 66., c.) großentheils gründen, und die mit ihnen übereinstimmenden Beobachtungen sind unwiderlegliche Zeugnisse für die Wahrheit der Newton'schen Gravitationslehre.

§. 79. Massen und Dichtigkeiten rc. der Sonne, des Mondes und der Planeten.

Die Berechnung der Störungen rc. (§. 76—78.) hängt von der Kenntniß der Massen der störenden Körper ab (welche Störungen aber hinwiederum zur Kenntniß der Massen, oder zur Berichtigung und Vervollkommnung derselben führen); daher haben die Astronomen allen Scharfsinn aufgeboten, um

*) Die Störungen von kurzer Periode (wie z. B. die der Apsiden und der Knoten des Mondes) nennt man kurzweg periodische, diejenigen aber, welche Jahrhunderte und Jahrtausende umfassen (wie das Zurückweichen der Aequinoctialpunkte) säculare Störungen. — Nur das Fortrücken der großen Axen (der Apsidenlinien) kann man nicht im eigentlichen Sinne zu den säcularen Störungen rechnen; denn dieses Fortrücken ist nicht in bestimmte Grenzen eines Vor- und Rückwärtsgehens eingeschlossen, sondern es dauert, mit geringen Schwankungen, immer fort, so daß die großen Axen nach und nach die ganze Peripherie eines Kreises durchlaufen und dann immer wieder ihre rechtgängige Bewegung fortsetzen, — was aber auf die Bestandbarkeit des Ganzen (§. 80.) keinen wesentlichen Einfluß hat, da Nichts darauf ankommt, ob die große Axe einer Planetenbahn nach diesen oder jenen Punkten des Himmelsraumes hingerichtet ist.

auch zu dieser Kenntniß zu gelangen, worüber hier nur eine kurze Andeutung gegeben werden kann.

a) Das Verhältniß der Erdmasse zur Sonnenmasse findet man (nach dem Attractionsgesetze) durch Vergleichung der anziehenden Kräfte, mit welchen die Erde auf den Mond und die Sonne auf die Erde wirkt. Auf eben diese Art ergeben sich die Massen der Planeten (des Jupiters ꝛc.), welche von Monden begleitet sind; die der übrigen Planeten (der Venus, des Mars ꝛc.) müssen durch die Störungen bestimmt werden, welche jeder von ihnen im Laufe anderer Planeten hervorbringt. Die Masse des Mercurs hat man erst neuerlich durch deren Einfluß auf den im Jahre 1838. dem Mercur sehr nahe gekommenen Encke'schen Kometen (§. 55., b.) näher zu bestimmen gesucht. — Die Mondmasse ist durch die Wirkung, welche sie in der Ebbe und Fluth (§. 77., a.) und bei der Nutation der Erdaxe (§. 77., b. Anmerk.) zeigt, berechnet worden.

b) Aus dem Verhältnisse der Massen und der körperlichen Größen des Mondes (§. 30.), der Sonne (§. 31., a.) und der Planeten (§. 46., b.) leitet man deren verhältnißmäßige Dichtigkeiten ab; denn die Dichtigkeit eines Körpers verhält sich wie die Masse dividirt durch den körperlichen Inhalt (das Volumen) desselben (oder die Dichtigkeiten zweier Körper verhalten sich direct wie die Massen, und umgekehrt wie die körperlichen Räume).

Die Dichtigkeit der Erdkugel (welche, wie deren Größe und Masse, zur Einheit bei diesen Berechnungen genommen wird) ist, sehr sinnreichen (ganz kürzlich vom Prof. Reich in Freiberg wiederholten) Versuchen zufolge, durchschnittlich 5mal so groß, wie die des reinen Wassers, woraus man ferner berechnen kann, daß das Gesammtgewicht der Erdkugel sich auf 13 Quadrillionen Pfund beläuft.

c) Als Maaß der anziehenden Kraft jedes Weltkörpers

dient eben sowohl der Fall der Körper auf dessen Oberfläche in 1 Secunde, als der Fall eines Trabanten, oder eines Planeten nach seinem Hauptkörper in 1 Sec. (§. 40. d. u. 46.); denn jener Fall muß desto größer sein, je stärker die absolute Kraft des Centralkörpers (oder die Masse desselben), und je kleiner die Entfernung von dessen Mittelpunkte, oder je kleiner der Halbmesser der um den Centralkörper beschriebenen Bahn ist, und zwar im Quadratverhältnisse dieses Halbmessers (§. 73., b). — Der Fall schwerer Körper auf der Oberfläche zweier Weltkörper verhält sich also wie die Massen dividirt durch das Quadrat der Halbmesser.

d) Nach den angedeuteten Regeln sind die in folgender Tabelle zusammengestellten (nach der aufsteigenden Größe der Massen geordneten) Werthe berechnet worden.

Körper.	Masse, im Verhältniß zur Erdmasse.	Dichtigkeit in demselben Verhältnisse.	Fallraum auf der Oberfläche in der ersten Secunde.
Erde	1	1,000	15,6 Fuß (§. 40., d.)
Mond	$^1/_{88}$	0,619	2,3 —
Mercur	$^1/_{10}$	1,680	8,7 —
Mars	$^2/_{15}$	0,948	7,5 —
Venus	$^{15}/_{17}$	0,923	15,6 —
Saturn	101	0,138	15,1 —
Uranus	19	0,242	14,6 —
Jupiter	336	0,238	38,8 —
Sonne	354936	0,252	428,25 —

Den Fallräumen (Col. 4.) sind die Gewichte proportional, mit denen ein und derselbe Körper auf den Oberflächen der Sonne, des Mondes und der Planeten lastet. So wiegt z. B. ein Körper, der auf der Erde 1 Pfund schwer ist, auf der Sonne 28,36 Pf., auf dem Jupiter 2,45 Pf. u. s. w., auf dem Monde nur 0,16 (etwa $^1/_6$) Pf., auf dem Mars $^1/_2$ Pf., auf dem Mercur $1^1/_4$ Pf. u. s. w.

e) Aus der Tabelle unter d) ergiebt sich, daß die Sonnenmasse 354936mal größer als die Erdmasse ist, und daß sie die Masse aller Planeten über 770mal übertrifft.

Man sieht aber auch aus derselben, daß die Verschiedenheit in der Stärke der Schwerkraft auf der Sonne und den übrigen Körpern eine große Verschiedenheit in der ganzen physischen Einrichtung, namentlich in der Organisation lebender Geschöpfe, vorauszusetzen nöthigt. Wie wäre z. B. ein Erdbewohner im Stande, sich auf der Sonne frei zu bewegen, da er mit einer fast 29mal stärkern Kraft am Boden festgehalten würde? Und wie würden unsere Pflanzen bei einem solchen Drucke gedeihen und emporwachsen können?

§. 80. Stabiler Zustand des Sonnensystems.

Da die gegenseitigen Störungen der Körper unsers Sonnensystems nach gewissen, kürzern oder längern, Perioden sich ausgleichen, so können wir sie als geringe Schwankungen um einen mittlern Zustand des Ganzen, der nicht überschritten wird, betrachten. Daß die Bahnen der meisten, und gerade der größten, Planeten und ihrer Satelliten fast kreisförmig und wenig gegen einander geneigt sind; daß alle Planeten und ihre Begleiter sich in gleicher Richtung bewegen; daß die großen Axen der Bahnen, und hiermit auch die Umlaufszeiten unveränderlich sind;*) daß in der Vertheilung der Massen

---

*) Eine absolute Unveränderlichkeit findet zwar auch nicht bei den großen Axen Statt; aber die geringe, in sehr langen Perioden vor sich gehende, Ab- und Zunahme derselben kehrt, wie jetzt (durch La Grange und La Place) erwiesen ist, immer zu einem unveränderlichen Mittelwerthe zurück, — und schon hierdurch, wie zugleich durch die immer zu gleichen mittlern Werthen wieder zurückkehrenden Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen, ist für die Stabilität des Planetensystems gesorgt. — Eine sehr klar gedachte, gründliche, und doch gemeinfaßliche Auseinandersetzung dessen, was dieser hochwichtige Gegenstand umfaßt,

und in den gegenseitigen Abständen gerade die Verhältnisse Statt finden, wie sie die Beobachtungen lehren; — aus allen diesen Umständen geht deutlich hervor, daß nicht blos das bewußtlose Zusammenwirken mechanischer Kräfte hier im Spiele gewesen ist, daß vielmehr die absichtsvolle Thätigkeit einer unsere Begriffe übersteigenden höhern Weisheit Alles in dem großen Zusammenhange unserer Planetenwelt auf Bestandbarkeit (Stabilität) berechnet, Alles so zusammengeordnet hat, daß selbst in den scheinbaren Abweichungen von der Gesetzmäßigkeit der Bewegungen, die in zum Theil unübersehbaren Perioden sich vollenden und erneuern, die Erhaltung des Ganzen eben so gesichert ist, wie auf unserm kleinen Planeten der Kreislauf der Verwandlungen in der unorganischen Natur und in der Folge der Geschlechter in dem Pflanzen- und Thierreiche.

Sollen wir aber diese Bestandbarkeit „ewig" nennen? — und widerstreitet nicht der Begriff von „ewiger Dauer" dem Begriff der Materie, die ihrer Natur nach der Auflösung und Zerstörbarkeit, oder vielmehr, nach der Erfahrung, der Verwandlung und Umgestaltung unterworfen ist? Soll der rastlos fortschreitende Kreislauf dieser Verwandlungen sich nicht auf ganze Weltkörper (am Himmel glaubt man deutliche Spuren derselben an den von Zeit zu Zeit plötzlich und mit hellem Glanze erschienenen neuen, und bald nachher gänzlich wieder erloschenen Sternen [vergl. §. 69., Anmerk. zu 1.] gefunden zu haben), auf ganze Sonnen- und Sternsysteme erstrecken? Groß und klein sind, wie gerade die Astronomie am augenscheinlichsten lehrt, sehr relative Begriffe. Die Größe eines Planeten, einer Sonne, ja eines Sonnensystems ver-

---

findet sich im Anhange zum I. Bande des populären astronomischen Handwörterbuches von Dr. Nürnberger, S. 1818 ff. unter der Aufschrift „die Architectonik des Himmels."

schwindet gegen die Unermeßlichkeit des Universums, wie eine Pflanze oder geringe Pflanzenart gegen das eine unglaubliche Menge von Gattungen und Individuen umfassende Pflanzenreich. So wenig dieses durch das Untergehen einer Gattung, oder das unaufhörliche Hinschwinden zahlloser Individuen zerrüttet oder gänzlich zerstört wird, so wenig würde ein Milchstraßensystem (§. 71.) durch den Untergang oder die Verwandlung einzelner Sterne (Sonnensysteme) und Sternhaufen (§. 69., 2.), ja das Weltall selbst durch den Untergang oder die Regeneration eines ganzen Milchstraßensystems zerrüttet, noch weniger vernichtet werden. Unermeßlich mögen für uns die Perioden solcher Auflösungen und Umgestaltungen sein; sie sind vor dem, der ewig und unwandelbar ist, nicht größer, als für uns der Verlauf der Jahreszeiten, oder die Reihe von Jahren und Tagen, sind, in denen unsere Gärten, Wiesen, Felder und Waldungen sich verändern und verjüngen. Mag nun unsere Erde (die ohnehin, nach den Forschungen und Wahrnehmungen der Geologen, schon durch manche Stufe der Umbildung bis zu ihrem heutigen Zustande hindurch gegangen ist), ja unser ganzes Sonnensystem einer einstigen Auflösung entgegen gehen, sie wird, wenn sie erfolgt, die große Ordnung der Dinge nicht zerrütten, und nach dem ewigen Plane des allweisen und allgütigen Weltenbeherrschers für die durch seine Vaterliebe zu endloser Dauer erschaffenen Wesen nur eine Quelle neuer Segnungen werden. Ist nur die moralische Weltordnung uns eben so ehrwürdig und heilig, als die physische uns bewundernswerth erscheint, so können wir getrost unser Schicksal in der nahen und in der fernsten Zukunft Dem anheimstellen, „der Gott ist von Ewigkeit zu Ewigkeit; dessen Jahre kein Ende nehmen."

Schlußbetrachtung

über Werth und Nutzen der Astronomie.

Daß der Himmel mit seinen Wundern der anziehendste und, wie man oft, nicht mit Unrecht, sich ausdrückt, erhabenste Gegenstand der Naturbetrachtung sei, erkennt und fühlt Jeder, der überhaupt Sinn und Gefühl für die ihn umgebende Natur hat; ja es übt jener Gegenstand einen so mächtigen Reiz auf das Gemüth aus, daß der Wunsch, sich näher mit dem Himmel bekannt machen zu können, sich häufig sogar in denen sehr lebhaft regt, welche den ihnen zunächst vor Augen liegenden Wunderwerken der Schöpfung (den Gegenständen der Naturgeschichte, Physik 2c.) nur geringe Aufmerksamkeit zugewendet haben. Wenn hiernach der hohe Werth der Astronomie (der Werth, den diese Wissenschaft an sich hat) allgemein anerkannt zu sein (wenigstens dunkel gefühlt zu werden) scheint, so ist auch deren Nutzen, ja Unentbehrlichkeit für die Verhältnisse des Erdenlebens noch von Niemandem, der auch nur die nothdürftigste Kenntniß von den Himmelskörpern und deren Bewegungen 2c. hat, in Zweifel gestellt worden. Am sichersten und richtigsten können jedoch nur diejenigen hierüber urtheilen, welche sich eine genauere Bekanntschaft mit den Lehren der Astronomie bereits erworben haben; und da eine solche auch bei denen, welche dem Verfasser dieses Buches bis

hierher mit Aufmerksamkeit gefolgt sind, voraus gesetzt werden muß, so wird jetzt erst (am Schlusse dieser Schrift) auf eine die Leser überzeugende Weise von dem Werthe und dem Nutzen der Astronomie gesprochen werden können. — Fassen wir nun

I.

zunächst den innern Werth der Astronomie näher ins Auge, so ist unläugbar, daß sie (diese Wissenschaft) es ist, welche dem im Denken und Erkennen immer vorwärts strebenden menschlichen Geiste durch ihre innere Vollkommenheit, die Folgerichtigkeit und Zuverlässigkeit ihrer Lehrsätze, die überraschend großartigen Resultate, zu denen sie geführt hat, eine Befriedigung gewährt, welche ihm auf gleiche Weise nirgends im Bereiche der Naturwissenschaften zu Theil wird.

Wenn es schon wahr ist, daß die Astronomie auf der einen Seite den Stolz des Erdenbürgers demüthigt, indem sie ihm, in Hinweisung auf die unermeßliche Größe und Ausdehnung des Weltalls, die Nichtigkeit seines irdischen Wohnplatzes und Besitzthums klar vor Augen legt,*) so tröstet und erhebt sie ihn doch auf der andern Seite durch das Gefühl der ihm inwohnenden Kraft, die ihn fähig macht, von seinem kleinen Wohnplatze aus messend und rechnend in die tiefsten Fernen des Himmelsraums zu dringen, die Ordnung, die dort herrscht und die Gesetze, denen die höchste Macht und Weisheit die Bewegungen des unzählbaren Heeres der zu

*) Schon Seneca sagt hiervon (Natural. Quaest., Praef. L. I.). „Animum inter sidera ipsa vagantem juvat divitum pavimenta ridere.....; tunc, terrarum orbem superne despiciens sibi ipse ait: hoc est illud punctum, quod inter tot gentes ferro et igni dividitur? O quam ridiculi sunt mortalium termini“! Punctum est, in quo navigatis etc. — Aehnliches bei Plinius (Natur. Hist. L. II. C. 68.): „Hic mundi punctus (neque enim est aliud terra in universo), haec est materia gloriae nostrae, haec sedes; hic honores gerimus, hic exercemus imperia, hic opes cupimus etc.“

uns herüberleuchtenden Gestirne unterworfen hat, zu erkennen, die Verknüpfungen der Weltkörper unter einander zu erforschen, und von System zu System zu der allumfassenden Vorstellung von dem Weltsysteme aufzusteigen. *) Welches Vergnügen kann denn edler sein, als das aus solchen Betrachtungen und Erkenntnissen entspringende? „Die Astronomie lehrt uns die Natur im Großen, die Einrichtung des ganzen unermeßlichen Weltgebäudes, und hat daher mit dem Weltall gleiche Würde, Ausdehnung und Dauer; sie allein kann uns würdige und erhabene Begriffe von Ordnung, Größe und Ewigkeit geben. Wenn es eine unsers Geistes würdige Beschäftigung ist, die Natur des kleinsten Wurms, der kleinsten Pflanze zu untersuchen, welche Bemühung kann dann edler sein, als den Plan zu erforschen, nach dem der Schöpfer sein großes Gebäude aufgeführt hat, das Gesetzbuch zu schreiben oder zu entziffern für die Bewegung so vieler Millionen Weltkörper, die mannigfaltigen Abwechselungen im großen Kreislaufe der Natur auf die entferntesten Zeiten voraus zu

---

*) „L'astronomie, par la dignité de son objet et la perfection de ses théories est le plus beau monument de l'esprit humain, le titre le plus noble de son intelligence. Séduit par les illusions des sens et de l'amour propre, l'homme s'est régardé long-tems comme le centre du mouvement des astres, et son vain orgueil a été puni par les frayeurs, qu'ils lui ont inspirées. Enfin, plusieurs siècles de travaux ont fait tomber le voile, qui lui cachoit le système du monde. Alors il s'est vu sur une planète presque imperceptible dans le système solaire, dont la vaste étendue n'est elle-même qu'un point insensible dans l'immensité de l'espace. Les résultats sublimes, aux quels cette découverte l'a conduit, sont bien propres à le consoler du rang, qu'elle assigne à la terre, en lui montrant sa propre grandeur dans l'extrême petitesse de la base, qui lui a servi pour mesurer les cieux. Conservons avec soin, augmentons le dépôt de ces hautes connoissances, les délices des êtres pensans." La Place, Exposition du système du monde, Liv. V. Chap. 6. „Considérations sur le système du monde" am Ende. — S. eine ähnliche schöne Stelle in von Schubert's popul. Astron. Th. III. §. 207.

sagen und ihren einfachen Mechanismus zu begreifen, — kurz in das Innerste des größten und heiligsten Tempels der Gottheit einzudringen! Was ist der Mensch gegen die mit Billionen lebender Geschöpfe bevölkerte Erde! Was ist die Erde gegen die Millionen Körper unsers Sonnensystems, was ein Sonnensystem gegen das Sternenheer, womit der Himmel besäet ist! wie verschwindet ihre ganze Zahl gegen die unzähligen Sterne der Milchstraße, und wie viele ähnliche Schritte müßte man vielleicht noch thun, um sich von den Theilen zum Ganzen zu erheben! — — — Alle übrigen Wissenschaften sind wie die Geschichte einzelner Staaten; die Astronomie ist die Weltgeschichte. Jene sind nur für einzelne Völker oder Classen von Menschen, und verlieren zum Theil mit der Zeit und bei reiferm Verstande des Menschengeschlechts ihren Werth; diese ist für jeden Bewohner der Welt wichtig, und selbst die Ewigkeit kann sie zwar ihrer Vollkommenheit näher bringen, aber ihr Nichts von ihrem Werthe rauben. Sie ist das gemeinschaftliche Band, das den Erdenbewohner mit den denkenden Wesen der fernsten Milchstraße, als Verehrer derselben Wissenschaft, vereinigt. Perioden von wenigen Stunden bis zu Perioden, die sich durch Jahrtausende kaum messen lassen, drücken ihr das Siegel der Ewigkeit auf. Erstere mußten ihre früheſten Schüler zur Erforschung ihrer Geheimnisse locken und ihnen den Weg dazu erleichtern; letztere werden noch den spätesten Zeitaltern einen unerschöpflichen Stoff zu den wichtigsten Entdeckungen geben. Von dem ersten verworrenen Begriff vom täglichen Umlauf der Sonne und der übrigen Gestirne um die Erde bis zur Kenntniß des letzten großen Rades — welche ungeheure, vielleicht nie zu übersteigende Kluft." Friedr. Theod. von Schubert, theoretische Astronomie, Petersburg 1798., I. Th. Einleit. S. 3 fg.

„Nichts ist für den denkenden Menschen lehrreicher und angenehmer zugleich, als dem Gange nachzuspüren, auf dem

der menschliche Geist die Wissenschaften erfunden und nach und nach zu größerer Vollkommenheit gebracht hat. Am allermeisten ist dieß in derjenigen Wissenschaft der Fall, die nach ihrem ganzen Umfange die erhabenste unter allen ist, und mit der sich von jeher die größten Geister beschäftigt haben. Sie (die Astronomie) läßt uns sehen, wie der menschliche Geist sich durch die größten Finsternisse einen Weg bahnte, wie er gegen die größten Hindernisse muthig kämpfte und sie glücklich überstieg, — wie er dabei ganz neue, vorher nie gedachte, Wissenschaften erfand, die über den ganzen bisherigen Zustand der Gelehrsamkeit einen neuen Morgen aufgehen ließen. Wer denkt hier nicht an die Entdeckung der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen, so wie der allgemeinen Schwere, der Erfindung der Ferngläser und der Uhren, an die Erweiterung der mathematischen Analysis,*) der astron. Beobachtungskunst, und an so

*) Des Infinitesimal-Calculs (oder der Differential- und Integralrechnung), auf welchen Newton einzig und allein durch seine großen astronomischen Untersuchungen, durch die Lösung der schwierigen und verwickelten Aufgaben der physischen Astronomie, hingeleitet ward. Welche unendliche Fruchtbarkeit hat dieser, weiterhin zu bewundernswürdiger Vollkommenheit ausgebildete, Calcul über so viele Theile der angewandten Mathematik, über Optik, Mechanik und mechanische Naturlehre u. s. w. verbreitet! Ueberhaupt hat die Astronomie, wenn sie von so vielen andern, wie von den physicalischen, Wissenschaften den mannigfaltigsten Gewinn gezogen, diesen hinwiederum eben denselben Wissenschaften, durch den Einfluß ihrer Lehren und Entdeckungen auf deren Erweiterung rc., reichlich wieder vergolten. — Hierbei möge für diejenigen, welche sich von dem wahren Wesen der höhern Analysis (der Differential- und Integralrechnung) einen, in der Kürze freilich gar nicht zu erlangenden, Begriff machen wollen, die „Einleitung in die Differential- und Integralrechnung von K. Snell, ord. Professor der Mathematik und Physik an der Universität Jena." 1ster Theil, Leipz. bei Brockhaus 1846. — eine Schrift, welche ihren schwierigen Gegenstand mit ungemeiner Klarheit, und mit erschöpfender Gründlichkeit behandelt — bestens empfohlen sein. Auch die kleinere Schrift über diesen Gegenstand von E. G. Fischer: „Untersuchung über

viele andere Erfindungen, die ihr Dasein allein der Sternkunde und dem unermüdeten Forschungsgeiste des Menschen, der sich nirgends so sehr als in dieser erhabensten aller Wissenschaften gezeigt hat, zu danken haben?" Ebendas. S. 10.

Auch ohne solchen, obschon edlen wissenschaftlichen, Gewinn öffnet die Astronomie dem Geiste reiche Quellen des Genusses, — eines Genusses, den man von jeher gesucht und geschätzt hat. *) Wie schön und treffend sagt La Lande (Astronomie etc., 3 Tomes 4., 3me Edit. à Paris 1792., in der lehrreichen und sehr anziehenden Vorrede zum I. Bde. S. IX.): „A la question: à quoi sert l'Astronomie, je pourrois répondre à mon tour: à quoi servent tant de choses, dont on s'occupe journellement sur la terre? Mais la digression me meneroit trop loin; je me borne à mon sujet. L'étude en général est un de besoins de l'humanité; lorsqu'une fois on éprouve cette curiosité active et dévorante, qui nous porte à pénétrer les merveilles de la nature, on ne demande plus, à quoi sert l'étude, car elle sert alors à notre bonheur..... Je ne connois rien, qui réussisse mieux à cet égard que l'application aux sciences mathématiques, et spécialement à l'astronomie. Les merveilles qu'on y découvre captivent l'ame, et l'occupent d'une manière noble, délicieuse et exemte de dangers; elles remplissent et satisfont le coeur;

---

den eigentlichen Sinn der höhern Analysis," Berl. 1808., verdient gelesen zu werden.

*) Me vero primum dulces ante omnia Musae,
Quarum sacra fero, ingenti perculsus amore,
Accipiant, coelique vias et sidera monstrent,
Defectus Solis varios lunaeque labores.
— — — — — —
Quid tantum Oceano properent se tingere soles
Hyberni, vel quae tardis mora noctibus obstet.
Felix, qui potuit rerum cognoscere causas!
Virgil. Georg. II. 475. sqq.

elles élevent l'imagination, elles perfectionnent l'esprit; elles éloignent les desirs dangereux et frivoles; elles procurent sans cesse une nouvelle jouissance."

Zu läugnen ist zwar nicht, daß auch die Bedürfnisse und Geschäfte des Lebens schon in den frühesten Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen auf die Beobachtung himmlischer Bewegungen und Erscheinungen hinleiteten; aber dennoch war nicht sowohl die Noth, als ein edlerer Trieb des menschlichen Geistes, das Verlangen nach Erforschung des Schönsten und Erhabensten, das die Natur darbietet, die Quelle frühzeitiger astronomischer Beschäftigungen und Kenntnisse. Auch hierüber wird man gern den geist- und gemüthvollen F. Th. von Schubert (Pop. Astron. Th. I. S. 17.) hören: „Der erste Ursprung der Sternkunde hatte eine reinere Quelle, das Gefühl für das Schöne, für welches selbst der roheste Wilde nicht unempfänglich ist. Es ist wahr, man darf die Schönheiten der Natur nicht am Himmel suchen; wohin wir unser Auge wenden, zeigt uns die Erde unzählige Gegenstände des reinsten Genusses. Allein die zu große Mannigfaltigkeit dieser Gegenstände, ihre Wirkung auf mehr als einen Sinn zugleich, und die daraus entstehende Zerstreuung, wird den Menschen lange hindern, ernsthaftere Betrachtungen über das vor ihm liegende Gemälde anzustellen, und sich vom Genuß zum Nachdenken zu erheben. Der Anblick des gestirnten Himmels gewährt nicht allein das prächtigste Schauspiel, *) sondern die

*) Freilich giebt es auch Unempfindliche, für welche dieses Schauspiel keinen Reiz hat! Hierüber sagt Fontenelle (in dem Buche sur la Pluralité des Mondes; deutsch übersetzt und mit Anmerkungen von Bode, 3. Ausg. Berlin 1789.): „Il y a dans certaines mines très profondes des malheureux, qui y sont nés et qui y mourront sans avoir jamais vu le soleil. Telle est à peu-près la condition de ceux, qui ignorent la nature, l'ordre, le cours de ces grands globes, qui roulent sur leurs têtes, à qui les plus grandes beautés du ciel sont inconnues, et qui n'ont point

damit verbundene Stille der Nacht, die Ruhe aller zum Nachdenken unfähigen Geschöpfe, die Beschäftigung eines einzigen Sinnes, Ueberdruß von den oft drückenden Geschäften des Tages, der das Bedürfniß einer edlern Beschäftigung fühlen läßt, kurz: alle dieses Schauspiel begleitende Umstände wirken gemeinschaftlich, den Zuschauer zur ernsten Betrachtung desselben aufzufordern, mehr als Alles aber die schnelle Aenderung der Scene. Wenn Jahreszeiten erfordert werden, um die Verwandlungen auf der Erde wahrzunehmen, so reichen wenige Stunden hin, um das majestätische Umwälzen des mit Sternen besäeten Gewölbes zu bemerken, das blendende Schauspiel der aufgehenden Sonne und den rührenden Anblick der untergehenden zu genießen; und im Laufe weniger Tage sieht man einen neuen Weltkörper, der Sonne an Größe gleich, am Himmel erscheinen, unter den Sternen fortwandeln, eine Menge verschiedener Gestalten annehmen, und wieder verschwinden. Um bei solchem Anblick gefühllos zu bleiben; um nicht zu wünschen, den regelmäßigen Mechanismus kennen zu lernen, der bei allen diesen Bewegungen offenbar Statt findet; um nicht Neugierde zu fühlen, keine künftige Veränderung unbemerkt zu lassen, eine Neugierde, die durch jede neue, unerwartete Begebenheit, als Finsternisse, Erscheinungen von Kometen u. s. w. stärkern Reiz erhält; mit einem Wort, um hierdurch nicht zu aufmerksamer Beobachtung des Himmels hingezogen zu werden, muß der Mensch entweder von Noth und Elend zum Thiere niedergedrückt sein, oder im Strudel rauschender Vergnügungen den Sinn für edlere Freuden verloren haben."

Doch die edelsten Freuden und den herrlichsten Genuß

---

assez de lumieres, pour jouir de l'univers. Ce sont les travaux des astronomes, qui nous donnent des yeux et nous dévoilent la prodigieuse magnificence de ce monde, presque **uniquement habité par des aveugles**."

und Gewinn gewährt die Astronomie dem menschlichen Geiste dadurch, daß sie diesem, wie schon in dem Voranstehenden angedeutet worden ist, die stärksten Beweise für das Dasein eines allmächtigen, allweisen und allgütigen Schöpfers, Erhalters und Regierers der Welt darbietet, daß sie also den religiösen Glauben nährt und befestigt (indem sie den Vorstellungen von Gottes Allmacht und Schöpferkraft 2c., die in so vielen Gemüthern nur unklar und nur an dürre Worte geknüpft sich vorfinden, Inhalt und Umfang, Kraft und Lebendigkeit giebt), zugleich aber die religiösen Gefühle und Gesinnungen weckt und unterhält, die aus dem Gottes-Glauben entspringen sollen, daß sie also das Gemüth mit Bewunderung und Demuth, mit Ehrfurcht, Liebe, Dankbarkeit und Vertrauen gegen Gott, ja, in Betracht der unverbrüchlichen Ordnung und Gesetzmäßigkeit, die durch das ganze Weltall herrscht, und der nicht minder im Reiche vernünftiger Geister erkennbaren und zweifelsfreien sittlichen Weltordnung, mit ehrfurchtsvollem Gehorsam gegen den heiligen Urheber dieser Ordnung erfüllt. *)

Schon heidnische Weltweisen priesen und empfahlen in dieser Beziehung die Betrachtung und Kenntniß des Himmels; **) wie vielmehr sollte sich hierzu der Christ erweckt

*) Für die der lateinischen Sprache Kundigen beziehe ich mich hier auf meine Commentatio astronomico-theologica, unter dem Titel: „Astronomia per Nicol. Copernicum instauratae religionis et pietatis christianae etc. egregia adjutrix; Budissae et Lipsiae 1830.“, wo davon, wie die Astronomie zur Religiosität und Moralität (zu inniger Frömmigkeit) hinleitet, ausführlich gehandelt wird. Vergl. mein lateinisches Gedicht: „Systema Solare, carmine latino descriptum, cum notis etc. Lips. apud Goeschen 1817.“ V. 198 sqq. u. Notae p. 53 sqq.

**) Hierher gehörige Stellen finden sich angeführt in der eben gedachten commentatio etc. p. 50 sqq. Nur zwei derselben mögen hier einen Platz finden. „Illic demum discit animus, quod diu quaesivit; illic incipit, Deum nosse;“ Seneca in praefat. ad natur. quaest. — „Quid

fühlen, den die Schrift selbst zu solcher Betrachtung, wie z. B. in den bekannten Worten: „Hebet eure Augen in die Höhe, und sehet, wer hat solche Dinge geschaffen" rc. (Jes. 40., 26.); „die Himmel erzählen die Ehre Gottes" rc. (Ps. 19., 2.) auffordert? In der That haben nicht nur theologische,*) sondern auch astronomische Schriftsteller selbst (wie unter den neuern Bode, von Schubert, Brandes, von Littrow u. a., Bode insbesondere in den allgemeinen Betrachtungen über das Weltgebäude im letzten Abschnitte seiner Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels, auch als besonderes Schriftchen unter demselben Titel herausgegeben, Berlin 1808.) die religiöse Seite der Sternkunde sehr eindringlich hervorgehoben, und gewiß liegt es auch in den Absichten und Wünschen der meisten Leser populärer astronomischer Schriften, in solchen (vielleicht also auch in dem vorliegenden Buche) Nahrung für ihren religiösen Glauben und Sinn zu suchen und zu finden. Es ist sehr zu wünschen, daß solcher Sinn, solches Streben immer allgemeiner werden möge, zumal in

---

vero? Hominum ratio non in coelum usque penetravit? Quae contuens accipit ab his cognitionem Deorum, ex qua oritur pietas, cui conjuncta justitia est reliquaeque virtutes, e quibus vita beata existit, par et similis Deorum cet.; Cicero de natura Deor. II. 61.: „Quem vero astrorum ordines, quem dierum noctiumque vicissitudines..... non gratum esse cogant, hunc hominem omnino numerare qui decet?" Idem de legibus II. 7.

*) Bekannt ist „Derham's (Canonicus rc. zu Windsor, gest. 1735.) Astrotheologie, oder Anweisung zur Erkenntniß Gottes aus der Betrachtung der himmlischen Körper; ins Deutsche übers. von Joh. Alb. Fabricius; neue Ausg., Hamburg 1765." Andere Schriften, Abhandlungen, auch hierher gehörende Kanzelreden sind genannt in der commentat. astron.-theol. p. 46 sqq. und ich verweise hier nur noch auf die vortrefflichen vier Betrachtungen: „Blicke zum Sternenhimmel," und einige andere (als: „der gestirnte Himmel;" „der Anblick des Mondes;" „der Komet") in Zschokke's Stunden der Andacht rc.

einer Zeit, wo das kalte Vernünfteln sich immer mehr über den kindlichen Glauben erheben zu wollen scheint. Die religiöse Natur-, und namentlich Himmelsbetrachtung würde wenigstens vor der gänzlichen Ungläubigkeit, in die beim Widerstreite entgegengesetzter theologischer und kirchlicher Ansichten so Mancher zu verfallen in Gefahr kommt, verwahren, und die Wahrheiten, welche als die Grundpfeiler aller Religion zu betrachten sind, schirmen und aufrecht erhalten. *)

Ist der Gedanke an die Bewohnbarkeit und das Bewohntsein der unzähligen Welten, welche die Astronomie in den aus jenen unermeßlichen Räumen zu uns herableuchtenden Körpern uns erkennen lehrt, ein mehr als wahrscheinlicher Gedanke (vergl. §. 51., a. und §. 56.), so ist auch die Hoffnung daß dort uns dereinst eine Wohnstätte bereitet sein, daß dort unser von den Banden des Erdenleibes befreiter Geist einen neuen, seiner weitern Entwickelung und Vollendung angemessenen Wirkungskreis finden, ja hierin in der Unendlichkeit der Zeiten immer höher steigen werde, keine grundlose Hoffnung. Ist es doch, als ob beim Anschauen der Flammenschrift, mit der das Firmament die Größe und Güte des Schöpfers verkündigt, eine innere Stimme uns sagte: „Jene Gestirne, die aus dem ewigen All Dich anstrahlen, sind heilige Offenbarungen von oben her, sind Propheten der Ewigkeit, die dich anrufen;

---

*) Wenn manche Strenggläubige wähnen, die Natur-, und namentlich die Himmelsbetrachtung führen nur zum Naturalismus, sei dem Glauben und der Frömmigkeit hinderlich u. s. w., so möchten sie doch erwägen, was schon ein heidnischer (egyptischer) Priester sagte:

> Sit pietas aliis miracula tanta silere,
> Ast ego Coeliculis gratum reor, ire per omnes
> Hoc opus, et sacras populis notescere leges.
>
> Lucani Pharsal. X., 196 sqq.

wenn sie nicht an die Schrift denken wollen: „Hebet eure Augen in die Höhe ꝛc.“

sie sind Weissagungen von dem unbekannten Jenseits, welches dich erwartet."

In der That, das sinnige Anschauen der Wunder des Himmels erregt unwillkührlich in dem fühlenden Gemüthe die Sehnsucht nach nähern Aufschlüssen über die Wunder der göttlichen Allmacht und Weisheit, — eine Sehnsucht, welche die Liebe des Allvaters nicht vergeblich in unsere Brust gesenkt haben kann. Oder „sollten wir von den unzählbaren Königreichen Gottes jenseits der Erde, von diesen erhabenen Wundern der Schöpfung, welche unsere Wißbegierde schon in ihrer dämmernden Ferne so sehr reizen, nicht künftig eines nähern Anschauens gewürdigt werden? Sollten nicht dann die regen und unersättlichen Triebe unserer Seele nach größern Vollkommenheiten und Einsichten gestillt, und die Geheimnisse der großen Körper- und Geisterwelt, welche wir auf unserm Planeten zu erforschen uns vergeblich bemühen, sich unserm Verstande völlig aufklären? Wer wollte die Erfüllung dieser herzerhebenden Hoffnungen bezweifeln! Wenn wir unser Herz der Tugend und Religion weihen, und dadurch schon hier auf Erden der Gottheit näher zu kommen uns bestreben; so wird einst, wenn die Scene dieses Lebens sich mit dem Tode endigt, unser unsterblicher Geist, frei von den Banden des irdischen Körpers, in seiner ununterbrochenen Fortdauer sich durch alle Räume des Himmels aufschwingen, jene vollkommeneren Welten in einer größern Nähe anstaunen, den Plan des Ganzen in hellerem Lichte übersehen, und durch alle Künftigkeiten, von der Vaterhand des Allgütigen geleitet, stufenweise zu immer höherer Vollkommenheit hinansteigen." Bode, allgem. Betrachtungen rc., am Ende.

Was nun noch

II.

den Nutzen, oder den materiellen Gewinn betrifft, der aus den Lehren der Astronomie, aus astronomischen Kennt-

nissen, Beobachtungen und Berechnungen, für den irdischen Verkehr und das bürgerliche Leben sich ergiebt, so können wir hierüber kurz sein, da derselbe Jedem, der aus dem vorliegenden Buche mit jenen Lehren sich bekannt gemacht hat, leicht in die Augen springt.

Die Astronomie allein ist es nämlich, welche uns in den Bewegungen der Sonne und des Mondes,

a) die Mittel zu einer genauen, für die Ordnung des bürgerlichen (auch kirchlichen) Lebens und für die Geschichte unumgänglich nöthige Eintheilung der Zeiten (in Stunden, Tage, Monate, Jahre, Cyklen und Perioden), zur Verfertigung von Sonnenuhren und der hierdurch möglich gemachten Räder- und Pendeluhren, so wie zur Anfertigung und Einrichtung des für den Gelehrten, wie für den Ungelehrten gleich unentbehrlichen, Kalenders dargeboten hat. — Sie allein ist es ferner, durch welche

b) es möglich geworden ist, die wahre Gestalt und Größe unsers irdischen Wohnplatzes, die geographische Lage (Länge und Breite) alle Oerter auf der Erdoberfläche, zu Lande und zur See, auszumitteln, hiernach richtige Land- und Seekarten zu verfertigen, den Verkehr zwischen allen Theilen und Punkten der Länder und Meere zu fördern und zu sichern, und insbesondere den Seefahrer vermittelst himmlischer Beobachtungen vor den Gefahren des unsichern Umherirrens auf dem weiten Ocean zu verwahren und dem Laufe seines Schiffes immer die dem Ziele und den Zwecken seiner Reise entsprechende Richtung zu geben. *)

*) Der Seemann muß, so zu sagen, jeden Augenblick wissen, wo er ist, oder auf welchem Punkte der Erdoberfläche, von wo aus er oft nichts als Himmel und Wasser vor sich sieht, er sich befindet, namentlich auch darum, um sich vor dem, vielleicht seinem Schiffe ganz nahen und daher für ihn höchst gefährlichen Klippen und Untiefen zu verwahren. Diese findet er nun zwar in den von frühern Seefahrern bereits aufgenommenen Karten

Diese Hauptvortheile (deren Wichtigkeit für das menschliche Leben, für den Länder- und Völkerverkehr u. s. w. keiner weitern Auseinandersetzung bedarf) haben die Wissenschaften erzeugt, die man, wegen ihres Zusammenhanges mit der Astronomie, astronomische Wissenschaften (astron. Nebenwissenschaften) zu nennen pflegt, nämlich (zu a.) die mathemat. Chronologie und Gnomonik, und (zu b.) die mathematische Geographie und die Schiffahrtskunde, Nautik; navigation), — und es haben diese, gegenwärtig zu hoher Vollkommenheit ausgebildeten Wissenschaften *) hinwiederum

bemerkt und nach Länge und Breite angegeben; aber es kommt für ihn darauf an, zu wissen, ob er gerade jetzt in der Nähe solcher Stellen ist, oder welches in diesem Augenblicke seine (oder seines Schiffes) Länge und Breite ist. Beides zu erfahren, muß er zu astronomischer Bestimmung der Polhöhe, und, was noch schwieriger auszumitteln ist, der Länge (Meereslänge) seine Zuflucht nehmen. Zu letzterem Behufe dienen ihm Beobachtungen von Sonnen- und Mondfinsternissen (§. 37., e.), von Verfinsterungen der Jupiterstrabanten (§. 47.), insbesondere aber von Monddistanzen (dem jedesmaligen Abstande des Mondes von gewissen Fixsternen), wozu astronomische Tafeln, die den Ort sowohl des Mondes als der Fixsterne für jeden Augenblick finden lassen, und in Betreff der Distanzmessung selbst der Hadley'sche Sextant (nach Anh. I. zu §. 37., e., unter bb. zu b.) gebraucht werden, ingl. das Chronometer zu c.) u. s. w.

*) Man findet dieselben in mehreren astronomischen Werken, wie z. B. in Bode's Erläuterung der Sternkunde und der dazu gehörigen Wissenschaften (3. Aufl. Berl. 1808.), im 2ten Theile 13.—15. Abschn., — in Klügels Astronomie (in der Encyklopädie der gemeinnützigsten Kenntnisse ꝛc., 3ter Theil, 3. verb. Aufl. Berl. 1807.), 4. Abschn. §. 202. bis 292., — und im 3ten Theile von Biot's Traité élémentaire d'Astronomie physique, 2. Aufl., Paris 1810. (an einer dritten Auflage dieses Werkes wird jetzt noch bedruckt), zugleich mit behandelt.

Was die mathematische Chronologie betrifft, so giebt dieselbe zugleich der historischen Chronologie die nöthigen Grundkenntnisse und Data zu ihren Untersuchungen an die Hand, indem sie z. B. durch astronomisch-genaue Zurückrechnung bis zu einer Sonnen- oder Mondfinsterniß, die, laut geschichtlicher Aufzeichnung, in eine gewisse merkwürdige Begebenheit (als: die Geburtszeit eines berühmten Mannes, den Anfang

zu sehr vielen wichtigen (optischen, physicalischen, mechanischen ꝛc.) Erfindungen hingeleitet, also auch zur Bereicherung mehrerer Theile der angewandten Mathematik (der Optik, Mechanik ꝛc.) beigetragen.

Hiernächst mag noch erwähnt werden, daß die Astronomie auch den Philologen und den Freunden der altclassischen Sprachen und Schriftwerke wesentliche Dienste leistet, ja in manchem Betracht unentbehrlich ist, indem nur mit ihrer Hülfe viele Stellen griechischer und römischer Schriftsteller, insbesondere Dichter,*) ihre richtige Erklärung finden, und manche Gegenstände der ältesten Geschichte und der Mythologie aufgehellt, oder doch auf eine wahrscheinliche Weise gedeutet werden können.

Nimmt man endlich noch hinzu, daß die Astronomie, nämlich in ihrer neuern Gestalt, manche Vorurtheile und abergläubische Vorstellungen und Ansichten (wie die der frühern Astrologen, oder Sterndeuter) hinweggeräumt, und Besorgnisse und Beängstigungen, die der Anblick unerwarteter Himmelserscheinungen (namentlich der der Kometen; vergl. §. 56. a. E.) einflößte, zerstört hat;**) so wird man, Alles

eines denkwürdigen Regierungsantrittes, Kriegszuges u. s. w.) fiel, den wahren Zeitpunkt einer solchen Begebenheit ꝛc. feststellen lehrt, — ist also von wichtigem Einfluß auf geschichtliche Erörterungen und Zeitbestimmungen.

*) Hierher gehören unter den auf Gymnasien gelesenen römischen Dichtern, hauptsächlich Virgilius und Ovidius, insbesondere des erstern Georgica (Gedicht vom Landbau), und des letztern libri Fastorum VI. (vom römischen Festkalender), auch Metamorphoseon libri XV. (von den Verwandlungen).

**) „Wäre es kein Gewinn, daß Aberglaube und Vorurtheile aller Art schwinden müssen vor dem Lichte, das die Wissenschaft aufsteckt? Man gehe zurück in die Vorzeit und sehe, wie nicht allein der gemeine Mann, sondern auch die höhern Classen der Gesellschaft von abergläubischen Thorheiten beherrscht werden, wie selbst der Gelehrte sich nicht ganz von ihnen frei machen

überblickend, was die Astronomie leistet und gewährt, es natürlich finden, daß diese Wissenschaft (sehr häufig die Königin der Wissenschaften genannt) zu allen Zeiten so viele Freunde und Bewunderer, so viele Kenner, Beschützer und Beförderer gefunden hat, — aber auch zu eben so dankbarer Anerkennung, als genußreicher und fruchtbringender Benutzung der unglaublichen Arbeiten und Anstrengungen, durch welche die Himmelskunde ihre jetzige Vollkommenheit erlangt hat, sich erweckt fühlen.

---

kann. Die Gräuelthaten, die der Aberglaube in seinem Gefolge hat, und vor denen unser Zeitalter zurückschaudert, sind vielleicht noch nicht das Schlimmste der Uebel, das er der Menschheit bereitete. Was ist denn die Natur dem in solcher Thorheit Befangenen? Er sieht ja in ihr nicht den Tempel des allweisen und allmächtigen Gottes, sondern den wüsten Tummelplatz von Schreckbildern seiner Phantasie; er kann keine reine Freude an ihr haben, nicht an ihren Herrlichkeiten seinen Geist erheben, sondern er muß sie fliehen als die Werkstätte gespenstischer Wesen, die ihm tückisch auflauern, und gegen die er sich schwach und ohnmächtig fühlt. Was nur im Geringsten aus dem Gewohnten und Alltäglichen heraustritt, erfüllt ihn mit Furcht; denn nicht der liebende Schöpfer, sondern eine zürnende Gottheit tritt ihm entgegen. — Glücklich hingegen, wer in einer denkenden Naturbetrachtung das einzig sichere Mittel gefunden hat, vor dieser Geisel des Menschengeschlechts auf immer bewahrt zu bleiben! In ihrer Cultur und deren immer weiteren Ausbreitung bis in die untersten Kreise liegt das einzige Mittel, die Hyder mit Erfolg zu bekämpfen. Sie wird einst unterliegen, um nie wieder das Haupt zu erheben, und alsdann erst wird die Menschheit ihres Daseins wahrhaft froh werden." Mädler, astron. Briefe. S. 491 fg.

Anhang.

I.

Erläuterungen und Zusätze zu einigen Stellen des Buches.

Zu §. 11., b. und §. 37. e., ingleichen zu §. 13. ff.

Um den Lesern dieses Buches die richtige Stellung ihres Globus nach der Polhöhe (oder der geographischen Breite) ihres oder irgend eines andern, vaterländischen Ortes zu erleichtern, oder anderweites Nachschlagen ihnen entbehrlich zu machen, mag folgendes Verzeichniß der vorzüglichsten deutschen (auch böhmischen, schweizerischen rc.) Städte, von denen die eine oder die andere sich wenigstens in ihrer Nähe befinden und daher zu gedachtem und sonstigem Gebrauche, ohne sonderliche Abweichung von der Wahrheit, von ihnen zu erwählen sein wird, nach deren geographischen Lage, also auch zugleich der geographischen Länge, hier Platz finden. *)

) Diejenigen Orte, an denen sich eine Sternwarte befindet, sind in diesem Verzeichnisse mit einem Sternchen (z. B. Altona) bezeichnet worden. Die Angaben nach Graden und Minuten (mit Weglassung der Secunden) werden hier genügen.

Name der Orte	Nördliche Breite (oder Polhöhe)		Länge (vom Meridian von Ferro gerechnet)	
Altona *	53°	33′	27°	36′
Antwerpen	51	13	22	4
Augsburg	48	21	28	33
Berlin *	52	31	31	3
Bern	46	57	25	6
Bogenhausen * bei München	48	9	29	16
Bonn *	50	44	24	46
Brandenburg	52	27	30	33
Braunschweig	52	16	28	11
Bremen (hier sonst die Olbers'sche Sternwarte)	53	4	26	28
Breslau	51	6	34	42
Brüssel	50	51	22	2
Cassel	51	19	27	15
Coburg	28	38	50	55
Cölln	24	35	50	15
Christiania *	59	54	28	24
Copenhagen *	55	41	30	14
Danzig	54	21	36	18
Darmstadt	49	56	26	15
Dessau	51	50	29	57
Dresden	51	3	31	23
Düsseldorf	51	14	24	26
Erfurt	50	59	28	42
Erlangen	49	36	28	44
Frankfurt a. M. . . .	50	7	26	1
Frankfurt a. d. O. . .	52	22	32	14
Genf *	46	12	23	49
Gera	50	53	29	44
Gotha (Seeberg *) . .	50	56	28	23
Göttingen *	51	32	27	36
Greifswalde	54	4	31	13
Halberstadt	51	54	28	43
Halle	51	30	29	28
Hamburg	53	33	27	38

Name der Orte	Nördliche Breite (oder Polhöhe)		Länge (vom Meridian von Ferro gerechnet)	
Hannover	52°	22′	27°	24′
Jena	50	56	29	17
Inspruck	47	16	29	3
Karlsruhe	48	60	26	0
Kiel	54	20	27	48
Königsberg *	54	43	38	10
Kurhafen	53	52	26	23
Leipzig *	51	20	30	1
Linz (in Böhmen) . .	48	19	31	56
Lübeck	53	51	28	20
Lüneburg	53	15	28	4
Lüttich	50	39	23	11
Magdeburg	52	8	29	9
Mannheim *	49	29	20	7
Marburg	46	35	33	23
Meiningen	50	35	28	4
München (s. Bogenhausen)	48	8	29	14
Nordhausen	51	30	28	29
Nürnberg	49	27	28	44
Oldenburg	53	8	25	53
Osnabrück	52	16	25	41
Paderborn	51	43	26	23
Prag *	59	5	32	5
Quedlinburg	51	48	28	47
Regensburg	49	1	29	46
Riga *	56	57	41	47
Rostock	54	22	30	6
Sagan	51	42	33	2
Salzburg	47	48	30	41
Speier	49	19	26	6
Stralsund	54	19	41	12
Strasburg	48	35	25	24
Stettin	53	25	32	13
Stuttgart	48	46	26	16
Ulm	48	23	27	39

Name der Orte	Nördliche Breite (oder Polhöhe)		Länge (vom Meridian von Ferro gerechnet)	
Weimar	50°	59′	29°	0′
Wesel	51	39	24	17
Wien	48	12	34	2
Wolfenbüttel	52	9	28	11
Worms	49	38	26	1
Wittenberg	51	52	30	25
Würzburg	49	46	27	35
Zürich	47	22	26	11

Anmerkung. Andere europäische Orte, an denen sich Sternwarten befinden, sind (außer einigen, oben mit genannten) in Frankreich: Paris,** Marseille, Nismes; in England (den britischen Inseln): Greenwich,** Dublin, Oxford, Cambridge,** Edinburg, Slough; in den Niederlanden: Leyden; in Italien: Florenz, Mailand, Modena, Neapel,** Padua, Palermo** (in Sicilien), Parma, Rom,** Turin, Venedig; in Spanien: San Fernando (bei Cadix); in Dänemark: Copenhagen; in Norwegen: Christiania; in Schweden: Stockholm; in Rußland: Abo, Charkow, Dorpat,** Helsingfors, Kasan, Kiew, Moskwa, Nicolajew, Petersburg, Pulkowa,** Wilna; in Polen: Warschau, Krakau (jetzt Oesterreichisch); in Ungarn: Ofen; in Griechenland (noch nicht vollendet): Athen.

(Die ausgezeichneteren Sternwarten befinden sich an den durch ein Doppelsternchen hervorgehobenen Orten, z. B. in Paris,** Greenwich** u. s. w.)

Außereuropäische Orte mit Sternwarten sind: St. Helena, Paramatta** (in Ostaustralien), Capstadt** (auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung), Fort William bei Calcutta (im britischen Ostindien), Trivanderam (Trevandrum, in dem britischen Vasallenstaate

Travancore in Ostindien). — In Amerika (namentlich in den nordamerikanischen Freistaaten) giebt es mehrere, wenigstens von Zeit zu Zeit thätige, Sternwarten; die wichtigsten scheinen aber die in Bau begriffenen zu Cincinnati und Washington werden zu wollen.

Zugabe, die Instrumente auf Sternwarten rc. betreffend; zu §. 13 ff.

Von den astronomischen Instrumenten, welche auf Sternwarten, überhaupt zu Beobachtungen am Himmel, gebraucht werden, sind vorn, nämlich in §. 13., 15. und 26., einige abgebildet und ihrer wesentlichen Einrichtung nach beschrieben worden. Daß es aber deren bei weitem mehrere, und für verschiedene Zwecke eingerichtete und gebrauchte, giebt, ist wohl jedem Leser im Allgemeinen bekannt.

Da bei astronomischen Beobachtungen, wie sich schon aus den ersten Abschnitten des Buches ergiebt, Folgendes zur Frage kommt: 1) Was wird am Himmel gesehen, oder was ist da zu sehen, aufzusuchen, zu betrachten, zu erforschen?; 2) wo, oder an welchen Orten und Punkten der Himmelssphäre, unter welchen örtlichen und räumlichen Verhältnissen und Beziehungen wird das Gesehene und Beobachtete wahrgenommen? (welche Orts-, Distanz- und Winkelbestimmungen sind hier, wie z. B. in Betreff der Polhöhe, der Aequinoctialpunkte, der Distanz des Mondes von gewissen Sternen, des Abstandes einzelner Doppelsterne von einander u. s. w.) zu ermitteln? — und 3) wann oder zu welchem Zeitpunkte wird etwas beobachtet, gemessen rc.?; so zerfallen alle astronomischen Instrumente in drei Hauptclassen, nämlich a) in optische oder in Fernsehwerkzeuge (Fernröhre, Teleskope); b) in Meßwerkzeuge (Winkel- rc. Messer), und c) in Zeitmesser, oder Uhren.

Zu a) gehören, außer den jetzt weniger gebrauchten

Spiegelteleskopen (katadioptrischen Fernröhren; Reflectoren), die fast allein gebräuchlichen (dioptrischen, und zwar) achromatischen*) Fernröhre (von Dollond, gest. 1761. zu London, Ramsden, gest. 1800 zu London, Fraunhofer, gest. 1826. zu München, Utzschneider zu München, Plößl in Wien, Pistor und Martius in Berlin u. s. w.), deren wesentliche Theile zwei Linsengläser sind, die sich an den beiden Enden einer Röhre befinden, nämlich das Objectivglas (aus zwei Linsen, d. h. einer Hohllinse von Flintglas**), und einer erhabenen, nach außen gekehrten Linse von Crown zusammengesetzt), welches gegen den zu betrachtenden Gegenstand gerichtet wird, und das (viel kleinere) Ocularglas, an welches man das Auge legt. Die von dem betrachteten Gegenstande auf das Objectivglas fallenden Strahlen werden in diesem so gebrochen und nachher vereinigt, daß sie im Innern des Rohres (in dem gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectiv- und des Ocularglases) ein kleines, scharfes Bild (Luftbild; vergl. S. 30. oben) entwerfen, welches das Auge des

*) Achromatische Fernröhre (zuerst von Dollond, dann von Ramsden u. A. verfertigt, und in neuester Zeit durch Fraunhofer zu hoher Vollkommenheit gebracht) heißen diese Werkzeuge, weil sie den betrachteten Gegenstand ohne die bunten Ränder und falschen Farben (ἀ, un, ohne, und χρῶμα, die Farbe), vermittelst der oben angedeuteten Zusammensetzung des Objectivglases, erscheinen lassen, mit welchen dessen Bild in den sonst gewöhnlichen, zu Anfange des 17. Jahrhunderts erfundenen Fernröhren (dem Galiläischen u. s. w.) sich umgeben zeigt (s. Nürnberger's pop. astron. Handwörterb. unter dem Artikel „Achromatisch"); denn es ist bekannt, daß das von der Sonne herkommende weiße Licht aus mehreren einzelnen, verschiedenfarbigen Lichtarten (Lichtstrahlen; Regenbogenfarben) besteht, welche durch Brechung (wie in den Regentropfen) sichtbar gemacht werden, woraus eben jene bunten Bilder entstehen.

**) Das Flintglas ist von sehr weißer, das Kronglas von etwas grünlicher Farbe. Beide Glasarten in nöthiger Reinheit (aus Kieselerde, Kali rc.) zu produciren, ist Fraunhofer in hohem Grade gelungen.

Beobachters durch die Ocularlinse vergrößert sieht. Zwischen letzterer jedoch und dem Objectivglase befinden sich, je nachdem der zu betrachtende Gegenstand aufrecht (wie bei terrestrischen —), oder verkehrt (wie bei himmlischen Gegenständen) gesehen werden soll, noch einige Gläser, — weniger bei astronomischen Fernröhren, weil es bei diesen auf möglichste Vermeidung der (bei dem Durchgange des Lichtes durch mehrere Gläser unvermeidlichen) Lichtschwächung ankommt, und es dem astronomischen Beobachter keinen Schaden bringt, wenn ihm die von dem Objectivglase erzeugten Bilder verkehrt (oder umgedreht, so daß das obere unten, und das westliche östlich sich darstellt) erscheinen, indem er sich die rechte Lage sehr leicht vorstellen kann. Die größten und am stärksten vergrößernden Teleskope dieser Art nennt man schlechtweg Refractoren, wie z. B. die großen Fraunhofer'schen Refractoren auf den Sternwarten zu Königsberg, Dorpat und Pulkowa. Das Nähere, die Zusammensetzung der Gläser, den Grad der Vergrößerung und der Deutlichkeit u. s. w. betreffend, kann der Leser aus von Littrow's Wunder ꝛc. III. Hauptabth. 2. Abschnitt §. 172 ff., aus Mädler's Briefen ꝛc. S. 74 ff., aus Brandes Vorlesungen ꝛc. II. Th. 26. und 27. Vorles., ingleichen aus Nürnberger's astron. Handwörterb. an dem bezeichneten Orte und unter dem Artikel „Fernrohr" u. s. w. ersehen.

Zu b. gehören namentlich:

aa) Verschiedene Arten von Quadranten (s. §. 13. und 15.)

bb) Der Sextant (dessen Limbus in 60° getheilt ist), insbesondere der Hadley'sche Spiegel- oder Reflexionssextant, so eingerichtet, daß sich mit demselben die Winkel zweier Gegenstände in jeder Lage derselben gegen den Horizont, selbst dann, wenn der Beobachter, wie auf der See, keinen festen Standpunkt hat, messen lassen, wobei zwei gehörig gegen ein-

ander gestellten Spiegel (zur Reflexion der Lichtstrahlen), auf dem Lande auch zugleich ein künstlicher Horizont (am Besten eine mit Quecksilber gefüllte Schaale), auf welchen der reflectirte Strahl, ehe er ins Auge gelangt, fallen muß, wodurch bewirkt wird, daß z. B. ein Stern eben so tief unter dem Horizonte, als er wirklich über demselben ist, erscheint, und daher der beobachtete Winkel das Doppelte des Wahren ist, gebraucht werden. — Da zu Schiffe die Messung der Abstände gewisser Sterne vom Monde und ihrer Höhen, zur Ermittelung der jedesmaligen Länge (Meereslänge) ꝛc., von höchster Wichtigkeit ist, so ist der Nutzen, ja die Unentbehrlichkeit dieses Instruments für die Schiffahrt (denn es erfordert keinen festen Träger, sondern kann in der b!. Zen Hand gehalten, also unabhängig von allen Schwankungen des Schiffes gebraucht werden) augenscheinlich.*)

cc) Der Meridiankreis, ein in Grade ꝛc. eingetheilter ganzer Kreis, der, in der Ebene des Meridians aufgerichtet, den Zwecken der Meridianbeobachtungen noch vollkommener Genüge leistet, als der Quadrant und das Passageinstrument (§. 15., c.), vor diesem namentlich den Vorzug hat, daß er nebst den Rectascensionen zugleich die Höhen und Declinationen der beobachteten Gestirne giebt. — Die Einrichtung

*) Der Sextant und noch kleinere Theile des Kreises enthaltende Instrumente (Octanten ꝛc.) heißen gewöhnlich Sectoren, darunter namentlich der Zenithsector von vorzüglichem Nutzen ist, indem er dadurch, daß der Verticalaxe eine große Länge gegeben und die ganze Peripherie des Verticalkreises bis auf wenige Grade seines untern Theiles weggelassen werden kann (wodurch eine große Länge des Halbmessers und eine daraus folgende verhältnißmäßige Vergrößerung der Theilungen auf dem Bogen erhalten wird), eine sehr genaue Beobachtung von Sternen in oder nahe bei dem Zenith zulässig macht, was z. B. dem berühmten Bradley (der sich eines sehr großen, vertical befestigten Zenithsectors bediente) bei Beobachtung der Fixsternparallaxe (§. 62., b.) sehr zu Statten kam, und ihn auf die Entdeckung der Lichtabirrung (§. 63.) führte.

des Reichenbach'schen Meridiankreises dürfte jetzt wohl, wenigstens in Deutschland, als die zweckmäßigste gelten.

dd) Der Wiederholungs- oder Repetitionskreis (auch Multiplicationskreis genannt), der zu Höhenmessungen der Sterne u. s. w., auch außerhalb des Meridians, mit dem trefflichsten Erfolge gebraucht wird. Das Wesentliche des Gebrauchs beruht darauf, daß man diesen Kreis wechselsweise gegen Morgen und gegen Abend wenden, und in der einen Lage den Kreis selbst um seine Axe, in der andern das Fernrohr auf demselben sich bewegen lassen, und auf solche Weise die Messung eines Winkels auf alle Punkte des Umfangs vertheilen kann, wodurch jeder Theilungsfehler zuletzt, nach mehrfacher Wiederholung der Operation, bis zum Verschwinden vermindert werden kann; was sich durch einen, noch so großen und gut eingetheilten, Quadranten schwer erreichen läßt.

ee) Der Theodolit,*) ein dem Repetitionskreise in Bauart und Einrichtung sehr ähnliches Werkzeug (wahrscheinlich zuerst von den englischen Künstlern Ramsden um das Jahr 1770., und Adams verfertigt), nur daß bei letzterm der Höhenkreis, bei dem Theodoliten aber der Horizontalkreis der wichtigere Theil ist, daher derselbe mehr zu geodätischen Operationen, hauptsächlich zur Messung der horizontalen Distanz irdischer Gegenstände gebraucht wird.

ff) Das Aequatorial, aus mehreren Kreisen zusammengesetzt, welche den Aequator mit seiner Axe, einen Meridian

---

*) Die Ableitung dieses Wortes ist schwierig. Nach La Lande (Astron., Tom. II. §. 2585.) stammt es von θεάομαι, ᾶσθαι, schauen (nicht θεάω, wie La Lande schreibt), und ὁδός, der Weg, her, wobei jedoch die Sylbe λιτ nicht erklärt ist. Diese Endsylbe entspricht aber vielleicht dem Griech. λιτός, fein, dünn, klein, unbedeutend; so daß man das Wort mit „Kleinwegschauer" (spectator viae parvae) übersetzen könnte; was weiter zu erklären hier nicht der Ort ist.

oder Declinationskreis und (bei tragbaren Aequatorialen) den Horizont darstellen. Ist die Axe des Instruments mit der Weltaxe genau parallel, also auch nach der Polhöhe des Beobachtungsortes aufgestellt und gerichtet, so kann man zu jeder Zeit, selbst am Tage, die über dem Horizonte stehenden Sterne, Planeten u. s. w. mit größter Leichtigkeit aufsuchen und in ihrem Parallele bis zum Niedergange verfolgen; man kann ferner damit den Stundenwinkel und den Polarabstand eines Gestirns, hierdurch auch so fort seine Rectascension u. s. w. finden. — Eine sehr vereinfachte Vorrichtung dieses Werkzeuges ist

gg) Die parallaktische (richtiger parallatische) Maschine, d. h. eine mit der Weltaxe parallel gerichtete Welle, woran ein unter jedem beliebigen Winkel stellbares Fernrohr angebracht ist, mit welchem man, bei Umdrehung der Welle, irgend einem Sterne auf seinem ganzen Umlaufe in seinem Tagekreise folgen kann u. s. w.

Es leuchtet ein, daß mit allen diesen Meßwerkzeugen Fernröhre verbunden sein müssen, da das, was scharf gemessen werden soll, vor allen Dingen bestimmt und deutlich muß gesehen werden können. Da Letzteres auch bei nächtlichen Beobachtungen nöthig ist, so hat man, um das Innere des Fernrohres zu erhellen und die feinen, im Brennpunkte sich durchkreuzenden Fäden und diesen Punkt selbst (§. 13., a.) deutlich zu erkennen, an der äußern Seite des einen, nach der Axe NM des Rohres hin ausgehöhlten, Pfeilers (wie bei p, Fig. 9., S. 36.) eine Lampe angebracht, welche ihr Licht durch diese Höhlung und durch die ebenfalls hohle Drehungsaxe NM hindurch auf einen inwendig im Fernrohre (welches in der Mitte zwischen N und M eine mit einem Schieber versehene Oeffnung hat) angebrachten kleinen Spiegel wirft, der so gestellt ist, daß er das aufgefangene Licht gegen das Ocular des Fernrohrs wirft. Eine solche Einrichtung befindet

sich nicht nur beim Mittagsrohre (Fig. 9.), sondern auch beim Meridiankreise, beim Repetitionskreise u. s. w.

Es bedürfen aber

hh) die vorgenannten Instrumente einer überaus großen Genauigkeit in der Aufstellung, sowohl in verticaler, als horizontaler Richtung; wie denn, wenn man sich z. B. den Gebrauch des Quadranten versinnlicht (§. 13.), sogleich einleuchtet, daß die Genauigkeit des damit zu messenden Zenithabstandes eines Sterns ꝛc. durch den vollkommen verticalen Stand des einen seiner beiden Radien, und also durch die gleich genaue Horizontalität des andern bedingt ist. Hierzu bedarf es sicherer Prüfungs- und Rectifications-, oder gewisser, zur vollkommenen Erreichung des Beobachtungszweckes dienender Hülfsvorrichtungen, von denen hauptsächlich zu erwähnen sind:

α) das Bleiloth, zur Bewerkstelligung der genau verticalen Richtung, wie CP in Fig. 7. (S. 29.);

β) die Wasserwaage, oder Libelle, zur Bewerkstelligung der horizontalen Stellung;

γ) der Vernier (Nonius), bestehend aus einem eingetheilten Streifen (oder Bogenstück), der sich auf dem Gradbogen des Hauptinstruments verschieben und mit den Abtheilungen des letztern, die man in noch kleinere Theile (als Secunden und Secundentheile) theilen will (oder nothwendigerweise theilen muß), so zusammenbringt, daß man die kleinen, einander sehr nahe liegenden und mit bloßen Augen nicht unterscheidbaren Theilstriche deutlich erkennen und unterscheiden kann, wozu aber

δ) ein Mikroskop, das man an den Vernier so befestigt, daß es nach dessen ganzer Länge verschoben und jeder Theil des Vernier in den Mittelpunkt des Loupengesichtsfeldes gebracht werden kann, zu Hülfe genommen werden muß.

ε) Das Mikrometer, deren es, außer dem im §. 26. abgebildeten und beschriebenen (dem Schraubenmikrometer), mehrere Arten, Fadenmikrometer genannt, giebt, welche, wie jenes, im Brennpunkte des Fernrohres, wie namentlich des Mittagsfernrohres, auf verschiebbare Weise angebracht sind (das Kreismikrometer, das Rautenmikrometer u. s. w.). — Jenes, das Kreismikrometer, ist (um nur einigen Begriff von der Sache zu geben) ein verschiebbarer und daher leicht in die gehörige Lage zu bringender, auf der optischen Axe (am Orte des Brennpunktes) senkrecht stehender Ring (also ein Kreis), in welchem zwei sehr feine Fäden (Spinnenfäden ꝛc.) so ausspannt sind und einander im Brennpunkte senkrecht durchkreuzen, daß der eine genau senkrecht, also in der Meridianebene steht, der andere, oder auch ein zweiter und dritter ꝛc., genau horizontal liegt. Diesem gemäß gehen alle Gestirne, vermöge der täglichen Umdrehung der Himmelssphäre, in unter sich und mit dem horizontalen Faden parallelen Kreisen oder Kreisbogen (überhaupt in gegen die Meridianfläche rechtwinkligen Sehnen) durch die Kreisfläche hinweg, wobei diese Sehnen durch den verticalen Faden halbirt werden, so daß sich die Gestirne (oder, wie bei Sonne und Mond, deren Mittelpunkte; vergl. §. 22., Anmerk.) in dem Augenblicke, wo sie nach der Uhr den Verticalfaden erreicht haben, genau auf der Mitte ihres Tageslaufes, also im Meridian befinden. Tritt nun ein Stern zur genau beobachteten Uhrzeit t in den östlichen Kreisrand ein, und nach vollbrachtem Durchgange am westlichen Rande zur Zeit t′ wieder aus, so ist derselbe zur Uhrzeit $\frac{t + t'}{2}$ in der Mitte des Durchganges gewesen, oder er ist zu dieser Zeit durch den Meridian gegangen. Erfolgt für einen andern Stern Ebendasselbe zur Zeit $\frac{t'' + t'''}{2}$, so giebt die Differenz dieser beiden Zeiten die Differenz zwischen

den Augenblicken des Meridiandurchganges beider Sterne, und hiermit den **Unterschied ihrer Rectascensionen** im Bogen (vergl. §. 15., b.).

Durch diese und andere in den Fernröhren angebrachten mikrometrischen Vorrichtungen *) lassen sich auch die Declinationen der Sterne bestimmen, übrigens aber, wie es schon der Name mit sich bringt, die Durchmesser aller nicht sehr ausgedehnten Größen himmlischer Körper, wie die der Sonne, des Mondes, der Planeten und ihrer Trabanten, der Sonnenflecke und der einzelnen Stellen im Monde, die Distanzen der Doppelsterne (§. 69., 1.) u. s. w. mit der größten Schärfe messen; woraus sich deren große Wichtigkeit ergiebt.

Zu c) gehören die **Pendeluhren** (eine Erfindung des berühmten **Huyghens**, um die Mitte des 17. Jahrhunderts), deren Haupttheile sind: das **Echappement**, oder das Eingreifen der Spindellappen in das Steigrad, und das **Pendel**, namentlich das sogenannte **Compensationspendel**, welches aus verschiedenen Stangen von Messing und Stahl zusammengesetzt ist, die so gegen einander stehen, daß, während die eine das Pendel von unten nach oben verlängern, die andern es von oben nach unten verkürzen, so daß es weder in der Wärme sich ausdehnt, noch in der Kälte sich zusammenzieht, sondern immer von derselben Länge bleibt, und daher Schwingungen von immer gleicher Dauer macht, oder einen

*) Auch des **Heliometers** ist hier noch zu gedenken, obschon dieses schöne, von Fraunhofer sehr vervollkommnete, Instrumente zu scharfer Messung kleiner (nur Secunden und Secundentheile enthaltender) Winkelgrößen am Himmel, nicht also bloß des Sonnendurchmessers, gebraucht wird. Mit einem solchen Fraunhofer'schen Werkzeuge hat namentlich **Bessel** (auf der Königsberger Sternwarte) die äußerst geringen Veränderungen in den Abständen zweier den Doppelstern 61 im Schwane bildenden Fixsterne zu messen, und hieraus die Parallaxe, sowie die Entfernung dieses Doppelsterns herzuleiten vermocht. S. §. 62., c.

stets gleichförmigen Gang der Uhr bewirkt, — und das, hauptsächlich auf der See (auf weiten Seefahrten) gebrauchte, Chronometer, d. h. eine Uhr mit Federn (da eine Pendeluhr auf dem immer wankenden Schiffe sich nicht brauchen läßt), also eine tragbare Uhr (namentlich Taschenchronometer), auf deren guten Gang man sich muß verlassen können. Bringt man eine solche, z. B. nach dem Meridian von Paris oder London, gestellte Uhr nach irgend einem Orte, oder befindet man sich mit ihr auf irgend einem Punkte des Meeres, dessen wahre Mittagszeit man durch eine Höhenmessung u. s. w. gefunden hat, und vergleicht man diese Zeit mit der, welche die Uhr eben zeigt, so ergiebt sich hieraus unmittelbar der Unterschied beider Meridiane, also die Lage des Ortes, des Schiffes ꝛc. (vergl. §. 37., e., S. 102.).

Ueber alle vorstehend genannte, den Astronomen der frühen Vorzeit mit unbedeutenden Ausnahmen ganz unbekannte, und heutiges Tages zu außerordentlicher Vollkommenheit gebrachte, daher auch der Wissenschaft selbst in bewundernswürdiger Weise förderlich gewordene astronomische Beobachtungswerkzeuge (deren Construction und Gebrauch) finden die Leser dieses Buches ausreichende Belehrung in J. F. W. Herschel's popul. Astronomie, II. Cap. §. 102.—160.; in von Littrow's Wunder ꝛc. III. Hauptabtheil. 2. Abschnitt §§. 161.—215., und in dessen popul. Astronomie (Wien 1825., 2 Bde.) Th. II. Abth. 2.; auch in A. Bürja's Lehrbuch der Astronomie, I, Bd. 6. Hauptstück, S. 191—274., desgl. in La Lande's großem astronom. Werke (s. S. 264.) und im 2. und 3. Bande von Biot's Traité u. s. w. (S. 272.), anderer, den Gegenstand in aller Umfänglichkeit behandelnden Schriften, wie z. B. der theoretischen und praktischen Astronomie von Littrow, der Introduction to practical astronomie etc.

von Pearson im II. Bde. Lond. 1829., der Treatise on practical astronomy von Vince, Cambridge 1790. 4., und der practischen Astronomie (oder „Beschreibung und Gebrauch der vorzüglichsten astronom. Instrumente und Tafeln, so wie Anweisung zur Bestimmung der wichtigsten astronom. Elemente durch Beobachtungen und Rechnungen") von Dr. G. A. Jahn, 2 Theile (mit vielen und schönen Abbildungen) Berlin 1834. und 1835. bei Reimer, nicht zu gedenken.

Zu §. 40., c.

Beweis des Huyghen'schen Lehrsatzes von der Kreisbewegung.

Ein Körper A (Fig. 21. S. 108.) bewege sich um den andern C (wie der Mond um die Erde, oder ein Planet um die Sonne) gleichförmig, von der Rechten zur Linken, also von A nach E, in einem Kreise AEBGA. In A angekommen, werde die bis dahin auf ihn wirkende Centralkraft plötzlich aufgehoben. Der Körper wird alsdann von A aus nach D, d. h. nach der daselbst an den Kreis gelegten Tangente AO gleichförmig (also in gleichen Zeittheilen von A bis D, und von D bis N u. s. f.) fortgehen, und in der ersten Secunde einen Weg AD zurücklegen, welcher gleich dem Wege AE, den er im Kreise in derselben Zeit beschrieben haben würde, also seiner Geschwindigkeit nahe gleich ist (denn der bei gleichförmiger Bewegung in 1 Secunde*) beschriebene Weg wird die Geschwindigkeit genannt). Weil AE = AD nur ein sehr kleiner Theil des ganzen Kreises ist, und weil AD den Kreis berührt, so ist leicht zu sehen, daß der Winkel EDA von einem rechten nicht sehr verschieden sein kann. — Ferner ist DAC = R. Fällt man daher noch von E auf AC das Perpendikel EF, so ist AFED äußerst nahe ein Rechteck, und AF = DE.

---

*) Eine Secunde wird gemeiniglich als Zeiteinheit angenommen.

Diese Linie AF, oder DE, zeigt aber an, um wie viel sich der bewegte Körper (der Mond ꝛc.) in der ersten Secunde von dem geradlinigen Wege AD der Tangente entfernt haben würde, wäre er im Kreise fortgegangen, ist also die Wirkung der ihn nach C ziehenden Kraft, so, daß, wäre er in A plötzlich in Ruhe versetzt, er, durch die Wirkung der Kraft in C allein getrieben, um AF in der ersten Secunde nach C (nach dem Mittelpunkte der Erde ꝛc.) hin fallen würde. Während einer so kurzen Zeit kann man diese Kraft als eine gleichförmig beschleunigende betrachten, eben so wie die Schwerkraft auf der Oberfläche unserer Erde. Und so wie ein durch die Schwerkraft getriebener Körper in 1″ durch einen Raum von 15 Fuß fällt, so kann auch AF als das Raum-Maaß der den Körper in A in 1″ nach C treibenden Attractionskraft angesehen werden.

Man ziehe nun den Durchmesser ACB und die Sehnen AE, EB; so entstehen die ähnlicheu Dreiecke FAE und EAB, und es verhält sich daher $AF : AE = AE : AB$; folglich ist:

$$AE^2 = AF \text{ mal } AB,$$
$$(\text{oder } AB . AF)$$

d. h. das Quadrat der Geschwindigkeit im Kreise ist so groß, als das Product aus dem Durchmesser des Kreises in den Weg, den der um C sich bewegende Körper in einer Secunde nach dem Mittelpunkte des Kreises hin zurücklegt; woraus zugleich auch folgt, daß

$$AF = \frac{AE^2}{AB},$$

oder: daß der Fallraum AF so groß ist, als das Quadrat der Geschwindigkeit AE, dividirt durch den Durchmesser AB.

Zusatz.

Ein Körper auf der Erde fällt in 1″ durch den Raum von 15 Fuß; aber am Ende dieser Secunde hat er, da er mit

gleichförmig beschleunigter Bewegung fällt (vergl. §. 73. a., Anmerk.), eine Geschwindigkeit von 2 . 15 = 30 Fuß. Zu Anfange der Secunde war nämlich seine Geschwindigkeit = 0, und am Ende derselben ist sie = 30 Fuß. Hiervon ist das Mittel = 15 Fuß; und diese 15 Fuß sind, der Erfahrung zufolge, der Fallraum des Körpers in der ersten Secunde. — Zu Anfange der zweiten Secunde hat der Körper die Geschwindigkeit von 30 Fuß, und am Ende derselben, wegen des (wie weiterhin immerfort) gleichförmigen Zuwachses von 30 Fuß, die Geschwindigkeit von $\frac{(30+60}{2} = \frac{90}{2} =)$ 45 Fuß u. s. w. — Nimmt man nun die Endgeschwindigkeit des in einer Secunde fallenden Körpers = 30 Fuß als das eigentliche Maaß der auf ihn wirkenden Schwerkraft an, so ist auch das Maaß der einen Planeten in A (Fig. 21.) nach der Sonne treibenden Kraft seinem doppelten Fallraume in der ersten Secunde gleich, oder jenes Maaß ist = 2AF. Hiernach erhält man aus obiger Formel $\left(AF = \frac{AE^2}{2AC}\right)$, wenn man auf beiden Seiten mit 2 multiplicirt,

$$2AF = \frac{AE^2}{AC};$$

d. i. die den Planeten (bei gleichförmiger Kreisbewegung) nach der Sonne treibende Kraft ist gleich dem Quadrate seiner Geschwindigkeit, dividirt durch den Halbmesser des Kreises.

Zu §. 41., d.

I. Grund des Unterschieds zwischen dem siderischen und dem synodischen Umlauf.

Wenn die Erde in A (Fig. 23. S. 118.) still stände, während Venus (die wir hier als Beispiel nehmen wollen) in ihrer Bahn a b e a um die Sonne S fortrückt, so würde

Venus nach einem siderischen Umlaufe sich wieder in a, und daselbst wieder in ihrer größten Elongation, die durch den Winkel a A S (der die von A aus gesehene scheinbare Entfernung der Sonne S und der Venus a mißt) bestimmt wird, sich befinden. Unterdessen ist aber die Erde (deren Bewegung um die Sonne wir hier voraussetzen wollen) in ihrer Bahn A C D E A, nach der Richtung der Pfeile, von A nach E fortgerückt, und daher kann die nächste größte Elongation auf derselben Seite der Sonne nicht in der Lage a A beider Körper, sondern muß erst in einer spätern Lage e E eintreten. Bis dahin hat Venus einen ganzen Umlauf und noch darüber den Bogen a b e, die Erde aber keinen ganzen Umlauf, sondern nur den Bogen A C E ihrer Bahn zurückgelegt. Unterdessen wird die untere Conjunction eintreffen, wenn die Erde eine gewisse Stellung B und Venus einen Punkt b zwischen der Sonne und der Erde erreicht hat. Die größte Elongation auf der entgegengesetzten Seite der Sonne wird eintreten, wenn die Erde nach C und die Venus nach c gekommen ist, wo die Verbindungslinie C c den innern Kreis auf der andern Seite von S berührt. Endlich wird die obere Conjunction eintreten, wenn die Erde nach D und die Venus nach d in die Verlängerung der Linie D S kommt. Die Zeitpunkte dieser Erscheinungen lassen sich berechnen, wenn man die synodischen Umlaufszeiten und die Halbmesser der Bahnen kennt.

b) Die Umfänge zweier Kreise stehen (um dieß hierbei noch bemerklich zu machen) im Verhältnisse ihrer Halbmesser.*) Wenn wir also die Umfänge der Bahnen des Mercur, der Venus und der Erde berechnen (mit Zugrundelegung der vorn angegebenen Verhältnißzahlen) und sie mit den Zeiten vergleichen, in denen ihre Umläufe vollendet werden, so finden wir, daß die wirkliche Geschwindigkeit, mit der diese

---

*) Kl. mathem. Handb. §. 108.

Körper sich in ihren Bahnen bewegen, sehr verschieden, am größten bei Mercur, kleiner bei Venus, am kleinsten bei der Erde ist, daß also, was wit auch weiterhin zu beachten haben, mit der Zunahme der Bahnumfänge und der Umlaufszeiten die Geschwindigkeit der Planeten in ihren resp. Bahnen abnimmt.

II. Bestimmung der verhältnißmäßigen Abstände der Planeten.

a) Wir wollen (Fig. 23. S. 118.) die Bahn eines untern Planeten, z. B. der Venus, im Grundrisse so betrachten, als würde sie von einem über der Ebene dieser Bahn befindlichen Orte von uns gesehen. Wenn Venus in dem Punkte a ihrer Bahn a b c a steht, so möge sich die Erde in A, in der Richtung einer Tangente a A der Venusbahn, befinden. Hier erscheint, wie wir schon gesehen haben, die Venus in ihrer größten Elongation von der Sonne, da der Winkel a A S, der die von A aus gesehene scheinbare Entfernung der Sonne und der Venus mißt, dann größer ist, als bei irgend einer andern Lage des Punktes a in ihrem Kreise. Da nun dieser Punkt durch Beobachtung des Längenunterschieds (§. 24.) der Sonne und der Venus bekannt ist, so haben wir hier ein bequemes Mittel, die Entfernung der Venus von der Sonne, oder den Halbmesser a S ihrer Bahn (diese hier als kreisförmig angenommen), im Verhältniß zum Halbmesser A S der Erdbahn, zu bestimmen. Denn das Dreieck S A a ist bei a rechtwinklig, folglich verhält sich nach trigonometrischen Grundsätzen S a zu S A wie der Sinus von S A a zu 1, und diese Proportion giebt das Verhältniß der Halbmesser S a, S A beider Bahnen.*) — Wenn beide Bahnen vollkommene Kreise wären, so würde dieß ein ganz sicheres Verfahren sein. Dieß ist aber, wie sich aus den verschiedenen Werthen von S a, die man zu ver-

*) Kl. math. Handb. §. 131., I.

schiedenen Zeiten erhält, ergiebt, nicht der Fall; es wird daher nöthig, bei beiden Bahnen (nach den Beobachtungen überhaupt bei allen Planetenbahnen) eine excentrische Lage der Sonne, wie wir sie schon oben (§. 27. u. 36.) bei der scheinbaren Sonnen-, und bei der Mondbahn gefunden haben, und eine Abweichung von der Kreisform anzunehmen, um diesen Unterschied zu erklären. Indeß kann man, ohne diese Ungleichheit jetzt in Berechnung zu ziehen, durch häufige Wiederholung des angezeigten Verfahrens bei allen möglichen Verschiedenheiten in der Lage der Venus und der Erde, wenigstens einen mittlern Werth von Sa (so auch die mittlere Entfernung jedes andern Planeten von der Sonne) erhalten. Das Nähere hierüber wird sich weiterhin ergeben.

b) Hat man, nach vorbeschriebenem Verfahren, und nach andern Methoden, das Verhältniß aller Abstände der Planeten unter einander und von der Sonne ausfindig gemacht, so bedarf es nur noch einer genauen Kenntniß der Sonnenparallaxe (§. 31.) und des Betrags des Halbmessers der Erde in Meilen (§. 29., d.), um die Entfernung der Erde von der Sonne, und hiernach auch die Entfernungen aller übrigen Planeten von der Sonne in geographischen Meilen zu finden. Da nun die Venus es ist, deren Durchgänge durch die Sonne das sicherste Mittel zu einer möglichst genauen Bestimmung der Sonnenparallaxe dargeboten haben, so möge hier

III. Das Verfahren bei Bestimmung der Sonnenparallaxe durch Beobachtung eines Venusdurchganges

nur im Allgemeinen (denn die Einzelheiten bei der Beobachtung und der Berechnung sind eben so vielfältig als verwickelt) kürzlich angedeutet werden.*)

---

*) Durch obige, sehr einfache und doch sinnreiche Vorstellungsart hat

a) Es sei (Fig. 24. S. 119.) E die Erde und CD ein Theil ihrer Bahn, V die Venus und f′ g′ der Theil ihrer Bahn FG, den sie während ihres Vorüberganges vor der Sonne S oder der Sonnenscheibe cegd beschreibt. Ohne in der Erscheinung etwas zu ändern, kann man die Erde in Beziehung auf ihre jährliche Bewegung um die Sonne von C nach D als ruhend betrachten und dafür der Venus die Differenz derjenigen zwei Bewegungen geben, welche beide in der That haben. In A und B seien zwei Beobachter in den Endpunkten des auf die Ebene der Ekliptik senkrechten Erddurchmessers AB. Wenn wir, zur Vereinfachung der Sache, von der Rotation der Erde absehen, und also annehmen, daß beide Beobachter während der ganzen Dauer des Durchganges ihre Lage gegen die Sonne unverändert beibehalten, so wird der eine Beobachter in A zu einer gewissen Zeit den Mittelpunkt der Venus auf der Sonnenscheibe in a, der andere in B ebendenselben in b sehen. Wenn nun beide Beobachter vermittelst mikrometischer Messungen oder auf andere Weise die Entfernung ab der beiden Punkte a und b von dem Mittelpunkte oder dem Rande der Sonne mit aller Schärfe messen, so wird ihnen hierdurch (nach hinterher angestellter Vergleichung ihrer Beobachtungen) die Größe des Bogens ab auf der ihrem scheinbaren Durchmesser nach genau bekannten Sonnenscheibe (§. 26. 27.) bekannt. Wir wollen, was wenig von wirklich gefundenen Ergebnissen abweicht, annehmen, daß der Bogen ab gleich 40 Secunden gefunden worden sei. Da nun AVa und BVb gerade Linien sind und daher auf beiden Seiten von V gleiche Winkel bilden, die Linien AB und ab aber auf der Ekliptik senkrecht stehen und daher bei a und A mit Aa rechte Winkel

---

Herschel (in der popul. Astronomie), und nach ihm auch von Littrow (in „Wunder des Himmels" ꝛc.), letzterer jedoch auch noch auf andere Weise, einen allgemeinen Begriff von der Sache zu geben gesucht.

machen; so sind die Dreiecke AVB und aVb einander ähnlich, und man hat

ab : AB = aV : VA;

oder es verhält sich ab zu AB, wie die Entfernung aV der Venus von der Sonne zu der Entfernung AV der Venus von der Erde. Da man nun aus den Bewegungen und den verhältnißmäßigen Abständen der Erde und der Venus weiß, daß zur Zeit des Durchgangs aV = 0,68 und VA = 0,27 ist (wenn die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde zur Einheit angenommen wird), so hat man auch

ab : AB = 68 : 27, oder nahe 5 : 2.

Folglich nimmt ab auf der Sonnenscheibe einen Raum ein, der $^5/_2$mal so groß ist als AB, und die scheinbare Größe von ab, in Secunden ausgedrückt, ist mithin $^5/_2$mal so groß als der scheinbare Durchmesser AB der Erde von der Sonne aus gesehen, oder der Winkel aAb ist $^5/_2$mal größer als der Winkel AaB. Dieser letztere Winkel aber ist die doppelte Parallaxe der Sonne (§. 29., d.). Da nun der Winkel aAb, oder der Bogen ab oben gleich 40 Sec. angenommen worden ist, so folgt, daß die doppelte Sonnenparallaxe **40 . $^2/_5$ = 16″**, und daher

die Parallaxe der Sonne = 8″ beträgt. *)

b) Aus der unter a. gegebenen Darstellung geht hervor, daß es hauptsächlich darauf ankommt, die Breite ab der Zone cefdc, welche zwischen den äußersten scheinbaren Wegen cd, ef des Venusmittelpunkts über die Sonnenscheibe, von dessen Eintritte auf der einen Seite bis zum Austritte auf der andern Seite, zu bestimmen. Das Hauptgeschäft der Beobachtung in

---

*) Die genauere Rechnung giebt 8,6 Secunden; nach Encke's neuesten, höchst mühsamen Untersuchungen (in dessen zwei Abhandlungen: „Die Entfernung der Sonne von der Erde, aus dem Venusdurchgange von 1761.“ Gotha 1822., und „der Venusdurchgang von 1769.“ Gotha 1824.) beträgt die Sonnenparallaxe 8″, 57.

A und B bezieht sich also darauf, daß jeder der beiden Beobachter auf seinem Standpunkte mit möglichster Sorgfalt und Schärfe die Punkte des Ein- und Austritts des Mittelpunktes der Venus, den dazwischen liegenden Weg, und das hierdurch abgeschnittene Segment der Sonnenscheibe bestimmt. Am sichersten geschieht dieß durch Beobachtungen der Zeit, binnen welcher der ganze Durchgang sowohl für A, als für B geschieht. Denn da die Bewegung der Venus für jede Zeitsecunde aus den Venustafeln (vergl. §. 28., b.) genau bekannt und ihr scheinbarer Weg sehr nahe eine gerade Linie ist, so geben diese Zeiten das Maaß für die Länge der Sehnen c d und e f, und da ferner der scheinbare Sonnendurchmesser in aller Schärfe bekannt, und für die Zeiten der Beobachtung aus den Sonnentafeln zu entnehmen ist, so läßt sich hieraus, mit Hülfe leichter geometrischer Lehrsätze, die Distanz a b der beiden Sehnen c d und e f berechnen.

c) Die Methode zur Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Venusdurchgängen hat zuerst Halley (geb. zu London 1656., gest. 1742.) gelehrt, und es ist hiernach der Durchgang am 3. Juni 1769. an vielen und weit von einander entlegenen Orten mit so großer Mühe und Sorgfalt beobachtet worden, daß das für die Sonnenparallaxe daraus gewonnene Ergebniß (s. a.) für sehr befriedigend angesehen werden kann, wenn auch vielleicht künftige Durchgänge (die beiden nächsten Durchgänge werden im December 1874 und 1882 eintreten) noch kleine Berichtigungen herbeiführen werden.

d) Aus der nun bekannten Sonnenparallaxe wird die Entfernung der Erde von der Sonne (s. II., b.) in Erdhalbmessern und in geograph. Meilen leicht hergeleitet. Denn in dem bei A (Fig. 16. S. 78.) rechtwinkligen Dreieck H A C ergiebt sich H C, der Abstand der Sonne vom Mittelpunkte der Erde, durch die Proportion $CH : AC = 1 : \sin H$. Es ist also

$$CH = \frac{AC}{\sin H} = \frac{1}{0,0000416940} = \frac{10000000000}{416940} = 23984,27$$

Erdhalbmesser; — oder $\frac{859^1/_2}{0,00004169}$ = nahe 20 Millionen und 700000 Meilen (als mittlere Entfernung).

Zu §. 43., d.

Genauer ist diese, von Bode bereits in der 2ten Aufl. seiner Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels vom Jahre 1772., und, wie es scheint schon von frühern Astronomen, wie Kepler, Lambert, Kant ꝛc., zwischen den Abständen der Planeten von der Sonne bemerklich gemachte, auch auf die Astroiden (§. 42., e.) oder die Planetoiden, wie man sie besser nennen kann, — und den neuesten Planeten (§. 42., f.), anwendbare Progression diese:

Theilt man nämlich den Abstand der Sonne vom Saturn in 100 gleiche Theile, so sind

1.	Mercur	4 solcher Theile von der Sonne entfernt
2.	Venus	$4 + 3 = 7$
3.	Erde	$4 + 2.3 = 10$
4.	Mars	$4 + 2.2.3 = 16$
5.	Die Asteroiden	$4 + 2.2.2.3 = 28$
6.	Jupiter	$4 + 2.2.2.2.3 = 52$
7.	Saturn	$4 + 2.2.2.2.2.3 = 100$
8.	Uranus	$4 + 2.2.2.2.2.2.3 = 196$
9.	Neuester Planet	$4 + 2.2.2.2.2.2.2.3 = 388$;

oder übersichtlicher:

1.	Mercur	4
2.	Venus	$4 + 3 = 7$
3.	Erde	$4 + 2.3 = 10$
4.	Mars	$4 + 2^2.3 = 16$

5.	Die Asteroiden	$4 + 2^3 . 3 = 28$
6.	Jupiter	$4 + 2^4 . 3 = 52$
7.	Saturn	$4 + 2^5 . 3 = 100$
8.	Uranus	$4 + 2^6 . 3 = 196$
9.	Neuester Planet	$4 + 2^7 . 3 = 388$

Ganz genau trifft diese Progression mit den wirklich Statt findenden Entfernung (§. 41., b. und §. 43., d., in Betreff des transuranischen Planeten §. 42., f.) nicht zusammen, und es läßt sich auch für dieselbe kein Grund angeben (daher sie unser größter deutscher Mathematiker Gauß, in von Zach's monatlicher Correspondenz zur Beförderung der Erd- und und Himmelskunde, Novemberstück 1802. S. 504., lusum ingenii nennt). Indeß ist dieses anscheinliche Gesetz des Fortschreitens doch merkwürdig genug, da man aus demselben die richtig eingetroffene, namentlich von Bode seit 1772. aufgestellte Vermuthung einer künftig auszufüllenden Lücke zwischen Mars und Jupiter abgeleitet, auch den Abstand des schon vor der Ceres rc. entdeckten Uranus (§. 42., d.), so wie ganz neuerlich die Entfernung des transuranischen Planeten (§. 42., f.) im Ganzen damit übereinstimmend gefunden hat, — wobei noch zu bemerken ist, daß, wenn man statt Eines Planeten zwischen Mars und Jupiter mehrere sehr kleine planetarische Körper (die Planetoiden) aufgefunden hat, man diese letztern als die Stellvertreter Eines Hauptkörpers in der fraglichen Region betrachten kann, wenn man nicht gar mit Olbers (diesem berühmten und scharfsinnigen Astronomen, eigentlich praktischen Arzte zu Bremen, geb. 1758. und vor einigen Jahren in hohem Alter daselbst verstorben — dem Wiederauffinder der Ceres, und dem Entdecker der Pallas und Vesta, §. 42., e.) annehmen will, daß jene kleinen Körper durch Zersprengung eines größern Planeten zu isolirt die Sonne umkreisenden Planeten (Planetoiden) sich gebildet haben.

Zu §. 72., a.

Die Ausdrücke „sphärische, theorische und physische Astronomie," welche man für die drei Hauptabschnitte dieser Wissenschaft angenommen hat, bedürfen noch eine kurze Erläuterung.

1. Die sphärische*) Astronomie beschäftigt sich mit den Wahrnehmungen am gestirnten Himmel, wie sie sich den Sinnen, als Erscheinungen an der innern Fläche einer hohlen Kugel (Himmels-Sphäre; §. 1.) darbieten, also z. B. mit der Lage der verschiedenen Gestirne (welche sie in Planeten und Fixsterne ꝛc., diese in Gruppen oder Sternbilder u. s. w. eintheilt) gegen den Horizont und andere eingebildete, zur Erklärung der Erscheinungen angenommene, Kreise, Linien und Punkte, mit dem täglichen, jährlichen oder in sonstige Perioden eingeschlossenen Laufe dieser Körper, dem Auf- und Untergange derselben (nach Ort und Zeit), mit der wahren und mittlern Sonnen-, und mit der Sternzeit, mit dem Vor- und Rückwärtsgehen der Planeten und der Lage ihrer Bahnen (ihren Neigungen gegen die Ekliptik), mit den aus Beobachtungen abgeleiteten Perioden der Sonnen- und Mondfinsternisse u. s. w., — wobei sie sich namentlich der, recht eigentlich zu solchem Behufe erfundenen und ausgebildeten, sphärischen Trigonometrie (§. 24.) bedient.

Was die alten, namentlich die griechischen Mathematiker und Himmelsforscher von den Bewegungen ꝛc. der Gestirne wußten und lehrten, war nur sphärische Astronomie; ja diese Lehren, von Ptolemäus (s. §. 44., Anm.) zuerst in ein System gebracht und in dem Werke „ἡ μεγάλη σύνταξις," d. h. das große System (späterhin von den Arabern Almagest genannt) bekannt gemacht, wurden, unter dem Namen

---

*) Von σφαῖρα, die Kugel, die innere Kugelfläche.

der Ptolemäischen Weltordnung (nach welcher um die im Mittelpunkte des Weltalls feststehende Erde zunächst der Mond, dann die Sonne, hierauf die Planeten, und über diese hinaus die Fixsterne sich herumbewegten), bis in das 16te Jahrhundert herab festgehalten. *)

2. Die theorische**) Astronomie (dadurch von der theoretischen unterschieden, daß man diese der praktischen, oder der beobachtenden Astronomie entgegengesetzt) leitet aus den scheinbaren die wahren Bewegungen, Entfernungen und Oerter der Himmelskörper her, — lehrt und beweiset namentlich die doppelte Bewegung der Erde (§. 58 ff.), die elliptische Bewegung der Planeten, Kometen rc. um die als Centralpunkt der Bewegung gesetzte Sonne, die Gesetze dieser Bewegungen, die Zurückführung der geocentrischen Oerter der Pla-

---

*) Claudius Ptolemäus (unter den römischen Kaisern Hadrian und Marcus Antoninus zu Alexandrien in Egypten lebend) war Geograph, Mathematiker und Astronom. Trotz der Unnatürlichkeit seines Systems (die aber in dem damaligen tiefen Standpunkte der Physik, der Beobachtungsmittel rc. ihre Entschuldigung findet) war Ptolemäus ein großer und verdienter Astronom und Mathematiker (er hinterließ, außer dem gedachten Werke, Schriften über Gnomonik, Optik, Chronologie rc., von denen aber Nichts auf die Nachwelt gekommen ist), — insbesondere dadurch verdient, daß er die wichtigen und zahlreichen Beobachtungen, Entdeckungen und Arbeiten des größten und scharfsinnigsten Astronomen des Alterthums, des Hipparchus von Nicäa (der vom Jahre 160 bis 125 vor Christo, zuletzt als Vorsteher des berühmten Museums zu Alexandrien in Egypten, den Himmel mit unermüdlicher Anstrengung beobachtete) sorgfältig benutzte und in seinem, nur dadurch für die Nachwelt werthvoll gewordenen, Almagest verewigte.

Uebrigens ist noch bemerkenswerth, daß das griechische Original des viele Jahrhunderte hindurch nur in einer arabischen Uebersetzung unter dem Titel Almagest bekannt und benutzt gewesenen Werkes des Ptolemäus erst im 15ten Jahrhunderte wieder bekannt, und 1583. zu Basel nach einem Manuscripte der Nürnberger Bibliothek gedruckt ward.

**) Von θεωρέω, anschauen, betrachten, untersuchen; daher auch Theorie, θεωρία, die Betrachtung, wissenschaftliche Untersuchung rc.

neten ꝛc. auf die heliocentrischen und umgekehrt, — lehrt die Bestimmung der Planeten- ꝛc. Bahnen durch Beobachtungen und darauf gegründete Rechnung, so wie des Ortes, den zu irgend einer gegenwärtigen und künftigen Zeit ein Planet ꝛc. einnimmt oder einnehmen wird, die Messung der wahren Entfernungen und Größen des Mondes, der Sonne, der Planeten u. s. w., den Eintritt der Sonnen- und Mondfinsternisse, der Sternbedeckungen ꝛc. nach allen Umständen, der Oppositionen, Conjunctionen, Vorübergänge ꝛc. der Planeten u. s. w. nach Zeit und Ort, — zieht hieraus weitere Folgerungen für die Theorie der himmlischen Bewegungen, benutzt diese insbesondere zur Anfertigung von Sonnen-, Mond-, Planeten- ꝛc. Tafeln, und sucht hierdurch nicht nur die künftigen Beobachtungen und Berechnungen zu erleichtern, den Beobachtern, Geographen, Seefahrern ꝛc. zu nützen, sondern auch die Theorie selbst zu immer größerer Vollkommenheit zu bringen.

Zu dieser Stufe der Entwickelung gelangte die Astronomie erst in der Mitte des 16ten Jahrhunderts zunächst durch Nicol. Copernicus (§. 59., c.), den man als den Urheber des wahren Systems himmlischer Bewegungen, der sogenannten Copernicanischen Weltordnung (welche nur den Mond um die Erde gehen läßt u. s. w.; §. 57 ff.) und als den Begründer aller neuen Fortschritte in der Astronomie, insbesondere als den Vorgänger des großen Entdeckers der Gesetze der Planetenbewegungen, Joh. Kepler's *) (§. 28.), und aller der ausgezeichneten Männer, durch welche die Sternkunde durch nun fast drei Jahrhunderte hindurch mit immer neuen Entdeckungen und Entwickelungen bereichert und zur jetzigen Stufe der Vollkommenheit erhoben worden ist, zu verehren hat.

---

*) Joh. Kepler (kaiserl. Mathematicus in Prag, nachher Professor der Mathematik zu Linz, dann zu Rostock) ward den 27. Decemb. 1571. zu Magstadt bei Weil im Württemberg. geboren. Dieß zur Berichtigung und Vervollständigung der Angabe auf S. 72.

3. Die physische Astronomie erklärt aus einer einzigen physischen Grundursache, aus dem Gesetze der allgemeinen Schwere, die Entstehung und den Fortgang der Bewegung aller Planeten und Nebenplaneten u. s. w., aller anscheinenden Verwickelungen in derselben (der Präcession, Nutation, der sogenannten Perturbationen u. s. w.), und lehrt alle dießfallsigen Erscheinungen nach Grundsätzen der Mechanik (der Dynamik oder der mathematischen Bewegungslehre) auf gegenseitige Anziehung der Weltkörper, in Verhältniß ihrer Massen und ihrer Abstände unter einander (welche Massen, so wie die Dichtigkeiten ꝛc. der Sonne, der Erde u. s. w. sie selbst zu bestimmen Mittel an die Hand giebt), zurückführen.

Dieser Theil der Astronomie führt von seinem Urheber, dem unsterblichen Isaac Newton (S. 114.)*) den Namen des Newton'schen Weltsystems,**) oder der Newton'schen Gravitationstheorie, welche seit der zweiten Hälfte des 17ten Jahrhunderts zu immer allgemeinerer Anerkennung gelangte und durch viele große Mathematiker und Physiker in ihren einzelnen Theilen immer weiter ausgebildet

---

*) Newton war zuerst Professor der Mathematik in Cambridge, späterhin kön. Münzmeister zu London, seit 1703 Präsident der Londoner Societät der Wissenschaften bis zu seinem im 85sten Lebensjahre erfolgten Tode.

) Man pflegt die Newton'sche Theorie nicht als ein besonderes Weltsystem zu bezeichnen (indem sie allerdings, mit der theorischen Astronomie vereinigt, überhaupt ein **rationelles System der Astronomie ausmacht), dagegen aber, nach dem Copernicanischen Weltsysteme noch von einer Tychonischen Weltordnung (nach einem dänischen Astronomen, Tycho de Brahe, gest. als kaiserlicher Astronom zu Prag im J. 1601, so genannt) zu reden, welches Weltsystem aber, da es dem Ptolemäischen näher als dem Copernicanischen verwandt ist, sich nicht lange behauptet hat; daher es in diesem Buche, welches den Leser ohne unnöthigen Aufenthalt zur Kenntniß des allein wahren Weltsystems führen soll, gleich dem Ptolemäischen Systeme nicht weiter berücksichtigt worden ist.

worden ist und sich jetzt, in Verbindung mit der theorischen Astronomie, einer Vollkommenheit erfreut, die den, welcher ihre Lehren zu begreifen vermag, mit gerechter Bewunderung erfüllt.

Diese drei Theile der Astronomie sind zwar, der historischen Entwickelung der Wissenschaft gemäß, in einigen, das Ganze umfassenden, Werken streng geschieden von einander behandelt worden (wie namentlich von F. Th. von Schubert in seiner theoretischen und populären Astronomie); da aber der Leser, dem es nur um eine allgemeine Kenntniß der astronomischen Lehren und Wahrheiten zu thun ist, auf solchem Wege nur langsam zu der Einsicht, nach der er verlangt, und vielleicht nicht ohne Ueberdruß geführt wird, so ist diese Sonderung im vorliegendem Buche nicht streng festgehalten worden, wie auch von Seiten anderer sehr achtungswerther Verfasser populärer astronomischer Lehrbücher, z. B. von Herschel d. J., von v. Littrow, von Mädler u. s. w., geschehen ist. *)

*) In mehreren neuern astronomischen Schriften wird noch als ein besonderer Theil der Himmelskunde die „Topographie des Himmels" oder im Speciellen die „Topographie des Planetensystems" (auch „beschreibende Astronomie" genannt) vorgetragen, d. h. es wird darin von der physischen Beschaffenheit oder Constitution (so zu sagen von der Oeconomie der Natur) auf den einzelnen Weltkörpern unsers Sonnensystems, selbst in der Fixsternwelt, so weit hierzu die teleskopischen Beobachtungen (zugleich auch analogische Betrachtungen) den Stoff geliefert haben, gehandelt; so z. B. in Littrow's Wundern &c. 2te Hauptabth., in Schubert's pop. Astron. III. Th. 4. Kap., in Mädler's pop. Astron. 6. 8. 9. Abschnitt, und in dessen astron. Briefen unter VIII. XII. ff., im ganzen II. Theile der Vorlesungen &c. von Brandes, — in fleißiger Zusammenstellung auch von A. H. Chr. Gelpke in der Schrift „Populäre Himmelskunde, oder allgemein faßliche Betrachtungen über die Wunderwerke des Weltalls, nebst einer genauen Darstellung der Entdeckungen auf dem Monde u. s. w.; 2te verb. Aufl. mit 8 Kupfertafeln. Hannover bei Hahn 1837., $22^1/_4$ Bogen in 8. ($1^1/_2$ Thlr.), und mit schärferer Sichtung (ohne

Zu §. 72., b.

Erläuterungen zu Fig. 29., S. 168.

1. Um S, als den Ort der Sonne, sind viererlei krumme Linien (Curven), den 4 Kegelschnitten, nämlich dem Kreise, der Ellipse, der Parabel und der Hyperbel entsprechend (§. 55., a. Anmerk.), gelegt:

a) der Kreis APBpA;

b) die kleinere Ellipse AmFnA, und die größere Am′Dn′A;

c) die Parabel MAP′, und

d) die Hyperbel NAP″, — diese beiden letztern nur in Bogenstücken, da Parabel und Hyperbel mit ihren beiden Aesten sich immer weiter von der gemeinschaftlichen Axe AD entfernen und ins Unendliche auslaufen.

2. Auf der Axe AD (die man sich für die Parabel und Hyperbel, nach dem eben Angedeuteten, ins Unendliche verlängert denken muß) ist A der eine Scheitelpunkt für den Kreis und die beiden Ellipsen, für die Parabel und Hyperbel aber der Scheitelpunkt überhaupt. Von diesem Punkte A aus wollen wir in Gedanken die Bewegung eines Planeten ꝛc. beginnen lassen.

3. In den beiden Ellipsen sind AF und AD die großen Axen und mn, m′n′ die kleinen Axen der durch sie vorgestellten Bahnen; C ist der Mittelpunkt, und CS = Cs die Excentricität für die kleinere, ingleichen C′ der Mittelpunkt, und C′S = C′s′ die Excentricität für die größere Ellipse. — Ferner heißt eine durch S, oder den von der Sonne eingenommenen Brennpunkt der Bahnen, senkrecht gezogenen Linie der

---

gesuchte Ausschmückung) in Dr. Lorenz Wöckel's (Profess. ꝛc. in Nürnberg) popul. Vorlesungen über die Sternkunde, Nürnb. 1844. 8. — Das Wichtigste hiervon ist in vorliegender Schrift Abschn. VI. und VII., zum Theil auch Abschn. IX., dem Zwecke des Buches gemäß (laut Vorrede) nur kurz angedeutet worden.

Parameter,*) und zwar P''''p'''' und P'''p''', der Parameter der Ellipse, NP' der Parameter der Parabel, und NP'' der Parameter der Hyperbel (im Kreise ist der Parameter dem Durchmesser gleich). Der halbe Parameter (nach welchem gewöhnlich gerechnet wird) ist für die kleinere Ellipse P''''S, für die größere P'''S, für die Parabel P'S und für die Hyperbel P''S.

Wenn sich nun ein Planet ꝛc. mit der Geschwindigkeit G (in einer Secunde ꝛc.) von A aus in einer auf den Radius Vector perpendicularen Richtung (wie nach AD in Fig. 21. S. 108.) bewegt, so ist (wie sich leicht beweisen, aber hier nicht ausführen läßt) die Bahn

a) ein Kreis, wenn (Fig. 29.) SP = SA, und G^2, oder nach dem Huyghen'schen Lehrsatze von der Kreisbewegung (Anh. I. S. 289. fg.) $AE^2 = AF \,.\, AB$ (Fig. 21.);

b) eine Parabel, wenn SP' = 2SA, und $G^2 = 2AE^2$ ist; d. h. ein Körper ꝛc., der in A eine auf SA perpendiculare Geschwindigkeit G (oder AE in Fig. 21.) hat, beschreibt eine Parabel, deren Sonnennähe A ist, wenn das Quadrat dieser Geschwindigkeit doppelt so groß ist als das Quadrat der Geschwindigkeit, welche zur Bewegung im Kreise, dessen Halbmesser = SA ist, erfordert wird. — Es bewegt sich

c) der Körper ꝛc. in einer Hyperbel, wenn SP'' größer als 2SA, und G^2 größer als $2AE^2$ (Fig. 21.) ist;**) ferner

d) in einer Ellipse, deren Sonnennähe A ist, wenn SP''' kleiner als 2SA und größer als SA, wenn also G^2 zwischen AE^2 und $2AE^2$ fällt; endlich

---

*) Von παρά, neben, und μετρέω, messen; also eine zum Nebenmaaß angenommene Linie von bestimmter (in einer und derselben Parabel, Ellipse ꝛc. constant, oder sich selbst gleich bleibender) Länge.

**) Der Fall unter a. kommt in der Wirklichkeit nicht vor; die Fälle unter b. und c. könnten bei dem einen oder dem andern Kometen vorkommen, die Fälle unter d. und e. endlich sind die bei den Planeten und deren Trabanten allein vorkommenden.

e) in einer Ellipse, deren Sonnenferne A ist, wenn SP'''' kleiner als SA, und G^2 kleiner als AE^2 ist ꝛc.

4) Es entsteht also auch, wenn wir (Fig. 21.) den Raum AF, in welchem ein um C (die Sonne) laufender Körper in 1'' nach C hin fällt, mit f bezeichnen,

a) ein Kreis, wenn $AE^2 = f . SA$,

b) eine Parabel, wenn $AE^2 = 2f . SA$,

c) eine Hyperbel, wenn AE^2 größer als $2f . SA$,

d) eine Ellipse, wenn AE^2 kleiner als $2f . SA$, und größer als $f . SA$,

e) eine Ellipse, wenn AE^2 kleiner als $f . SA$

ist.

Zusatz.

Aus vorstehenden Erläuterungen und der Betrachtung der 29. Figur läßt sich eine einfache Erklärung des Grundes der für die drei Kegelschnitte „Parabel, Ellipse, Hyperbel" von den alten griechischen Mathematikern gewählten Benennungen herleiten. Letztere stammen nämlich ab:

1. Parabel von *παραβολή*, das Zusammen- oder Nebeneinanderstellen (besonders das vergleichende Zusammenstellen), daher Vergleichung; von dem Verbum *παραβάλλω* (*ειν*), zusammen- oder nebeneinanderstellen, vergleichen;

2. Ellipse von *ἔλλειψις*, das Zurück- oder Unterlassen, das Ermangeln; von dem Verbum *ἐλλείπω* (*ἐν*, *λείπω*; *ἐνλείπειν*) zurücklassen, auslassen, ermangeln; —

3. Hyperbel von *ὑπερβολή*, das Darüberwegwerfen, Darüberhinaustreiben ꝛc.; von dem Verbum *ὑπερβάλλω* (*ειν*), darüber hinauswerfen oder treiben, übertreffen ꝛc.

Nimmt man nun in Fig. 29. die Parabel als die erste der unter einander zu vergleichenden drei Kegelschnittslinien (als die zwischen den beiden andern inneliegende Linie oder Curve) an, so bekommt sie auf eine passende Weise den Na-

men der Vergleichungs-Linie, *παραβολή*. Da die Hyperbel über diese Linie hinaus, oder darüber weggeht, der Ellipse hingegen etwas mangelt, um dieselbe Höhe wie die Parabel zu erreichen, so sieht man, wie auch diese beiden Linien schicklich mit den gewählten Benennungen (Hyperbel, Ellipse; *ὑπερβολή*, *ἔλλειψις*) bezeichnet werden.

Für Leser, die wenigstens so viel von den Eigenschaften der Kegelschnitte wissen, als in dem kleinen mathematischen Handbuche §. 110—113. in Betreff der Parabel und der Ellipse erklärt worden ist, wird der Grund jener Benennungen auch aus den Formeln (Gleichungen), welche die Natur und die unterscheidenden Haupteigenschaften der fraglichen 3 Kegelschnitte ausdrücken, sogleich in die Augen springen. Denn wenn

a) $y^2 = px$ die Gleichung für die Parabel ist, so sind

b) $y^2 = px - \frac{px^2}{a}$ und

c) $y^2 = px + \frac{px^2}{a}$ die Gleichungen, jene für die Ellipse, diese für die Hyperbel, und man sieht, daß unter b. dem y^2 (dem Quadrate der Ordinate) etwas fehlt oder mangelt, nämlich der Werth von $\frac{px^2}{a}$, um dem px unter a. gleich zu sein, daß hingegen unter c. das Quadrat der Ordinate nicht nur dem Producte px gleich ist, sondern dasselbe auch noch um den Werth von $\frac{px^2}{a}$ übertrifft, oder daß bei der Hyperbel noch ein Ueberschuß über px Statt findet.

Zu §. 72. bis 74. überhaupt.

Physische und mechanische Gesetze der Bewegung betreffend

1. Das „Physische" bezieht sich auf die allgemeine, in der Natur der Materie (*φύσις*) liegende, aber einer weitern

Erklärung nicht fähige Grundkraft der Bewegung himmlischer Körper, — auf die allgemeine Schwere, oder die Centripetalkraft, ohne welche eine Centralbewegung nicht Statt finden könnte.

2. Statt „mechanisch" sollte es eigentlich dynamisch (von δύναμις, die Kraft) heißen, da die Dynamik (wörtlich: Kraftlehre), als ein Theil der Mechanik, von den Kräften und den durch sie erzeugten Wirkungen, namentlich den Bewegungen, sofern sie meßbar sind (wozu also die Hülfe und die Anwendung der Mathematik erforderlich ist) handelt. Da es aber gebräuchlich geworden ist, die Lehren der physischen Astronomie seit La Place, dem berühmten Verfasser der Mécanique céleste (§. 74. Anmerk. zu c.), mit dem Ausdrucke der „Himmelsmechanik" zu bezeichnen, so sind obige Ausdrücke auch hier beibehalten worden.

Zu §. 74., a. unter bb.

Am einfachsten läßt sich dieser Beweis auf folgende Weise, zunächst für die Kreisbewegung, nach dem Huyghens'schen Lehrsatze (§. 40., c. S. 110.) führen.

1. Ist nämlich A der Halbmesser des einen Kreises
T die Umlaufszeit in demselben,
π die Ludolph'sche Zahl (Kl. mathem. Handb. §. 110.), so ist der Umkreis $= 2\pi A$ (ebendas.); — die Geschwindigkeit des Planeten in demselben, oder der in der Zeiteinheit beschriebene Weg *) $= \frac{2\pi A}{T}$, folglich die ihn treibende, nach der Sonne gerichtete Kraft, welche P heiße,

$$P = \frac{\left(\frac{2\pi A}{T}\right)^2}{A} = \frac{4\pi^2 A A}{T^2 A} = \frac{4\pi^2 A}{T^2} \text{ (vgl. Anh. zu §. 40., c.).}$$

---

*) Nimmt man nämlich irgend einen Zeitabschnitt zur Einheit an, so

2. Eben so ist für einen zweiten Planeten, dessen Bahnhalbmesser und Umlaufszeit a und t heißen mögen, die ihn treibende Kraft p

$$p = \frac{4\pi^2 a}{t^2};$$

folglich $P : p = \frac{4\pi^2 A}{T^2} : \frac{4\pi^2 a}{t^2} = \frac{A}{T^2} : \frac{a}{t^2}$.

Statt des Verhältnisses $T^2 : t^2$ kann aber das nach dem 3. Kepler'schen Gesetze gleiche $A^3 : a^3$ gesetzt werden. Damit erhalten wir:

$$P : p = \frac{A}{A^3} : \frac{a}{a^3} = \frac{A}{AAA} : \frac{a}{aaa} = \frac{1}{A^2} : \frac{1}{a^2} = a^2 : A^2;$$

d. h. die Kräfte, mit denen die Planeten nach der Sonne gezogen werden, verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne. Hiernach wird also z. B. Jupiter 25mal schwächer von der Sonne angezogen, weil er 5mal weiter als die Erde von der Sonne entfernt ist.

3. Die Planetenbahnen sind nun freilich keine Kreise,

---

giebt der in dieser Zeit gleichförmig beschriebene Weg eines Körpers das Maaß der Geschwindigkeit desselben ab; oder es verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die in einerlei Zeit beschriebenen Wege. Dividirt man nun den in irgend einer Zeit gleichförmig beschriebenen Raum durch die Zeit, so hat man den in dieser Zeiteinheit beschriebenen Raum, oder das Maaß d.r Geschwindigkeit. Es lege z. B. ein Körper in 8 Secunden einen Weg von 40 Fuß zurück, so ist das Maaß seiner Geschwindigkeit 8 Fuß. Daher giebt der Raum durch das Maaß der Geschwindigkeit dividirt die Zeit, so wie hinwiederum das Maaß der Geschwindigkeit mit der Zeit multiplicirt den Weg giebt (immer aber bei gleichförmiger Geschwindigkeit; denn bei ungleichförmiger wird die Geschwindigkeit in jedem Punkte des Weges durch ein etwas abgeändertes Verfahren bestimmt).

In unserm Falle verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Umfänge der Kreise durch die Umlaufszeiten dividirt, oder auch (da sich die Umkreise wie die Halbmesser verhalten) wie die Umfänge der Kreise durch die Halbmesser dividirt. Daher obige Formeln.

sondern Ellipsen. Daher kann die einen elliptisch sich bewegenden Planeten nach der Sonne treibende Kraft nicht, wie im Kreise, stets von derselben Größe sein, weil der Planet sich bald der Sonne nähert, bald von ihr sich entfernt. Am deutlichsten tritt dieß bei den Punkten M und N, der Sonnennähe und Sonnenferne (Fig. 14. S. 69.) hervor. In O sei die Sonne, in M die Sonnennähe, in N die Sonnenferne. In M beschreibe der Planet in der Zeiteinheit (in 1 Tage) den Bogen fb, in N den Bogen go, so daß fb und go zugleich die Geschwindigkeiten im Perihelium und Aphelium ausdrücken. Nun ist die Ellipse an beiden Punkten gleich stark gekrümmt, und es lassen sich daher fb und go als Bogen zweier einander gleichen Kreise betrachten. Die Mittelpunkte dieser Kreise seien p und q; sie liegen in der großen Axe MN, weil die in M und N an die Ellipse gelegten Tangenten auf MN senkrecht sind; auch ist $pM = qN$, weil die Kreise einander gleich sind und daher gleiche Halbmesser haben.

Nach dem Huyghen'schen Satze aber ist die Kraft, welche zur Bewegung im Bogen fb erforderlich ist $= \frac{fb^2}{pM}$, und nach p, also auch nach der Sonne O gerichtet. Eben so wird zur Bewegung im Bogen go eine nach q, also ebenfalls nach O gerichtete Kraft $= \frac{go^2}{qN}$ erfordert. Die beiden Kräfte = v und w verhalten sich daher

$$v : w = \frac{fb^2}{pM} : \frac{go^2}{gN} = fb^2 : go^2 \text{ (weil } pM = qN\text{)}.$$

Nun sind nach Kepler's 2. Gesetze die Flächen fOb und gOo einander gleich; also:

$\frac{1}{2}\, fb \,.\, OM = \frac{1}{2}\, go \,.\, ON$; daher $fb : go = ON : OM$, folglich $v : w = fb^2 : go^2 = ON^2 : OM^2$, das heißt:

die Kräfte im Perihelium und Aphelium ver-

halten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen des Planeten von der Sonne.

Wir haben hier das Perihelium und Aphelium gewählt, weil in dem erstern die Geschwindigkeit des Planeten am größten, im letztern am kleinsten, und daher in diesen Punkten die Geschwindigkeit eine kleine Zeit hindurch unveränderlich ist, also die Bewegung als gleichförmig betrachtet, folglich in diesen beiden Punkten die beschleunigende Kraft auf dieselbe Weise wie bei der gleichförmigen Kreisbewegung bestimmt werden kann. An jeder andern Stelle der Bahn nimmt die Geschwindigkeit entweder ab oder zu, und die Bewegung ist folglich ungleichförmig. Es läßt sich jedoch durch tiefer eingehende Untersuchung zeigen, daß nicht bloß in der Sonnennähe und der Sonnenferne, sondern ganz allgemein für je zwei Orte in der Bahn eines Planeten die anziehende Kraft der Sonne sich umgekehrt wie das Quadrat des Radius Vector verhält.

Eben so läßt sich mit Zuziehung des 3. Kepler'schen Gesetzes streng darthun, daß auch für zwei verschiedene Planeten die beschleunigenden Kräfte, mit denen sie von der Sonne angezogen werden, sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Abstände von der Sonne verhalten.

1. Zusatz.

Der Satz in §. 74., a. unter aa. läßt sich insbesondere auf folgende Art (die vorigen Buchstaben beibehalten, und die Geschwindigkeiten mit C und c bezeichnet) beweisen.

1. Die Geschwindigkeiten C und c sind gleich den Umkreisen, dividirt durch die Umlaufszeiten T und t, also

$$C = \frac{2\pi A}{T}, \text{ und } c = \frac{2\pi a}{t}; \text{ folglich } C : c = \frac{A}{T} : \frac{a}{t}.$$

2. Man erhebe diese Proportion ins Quadrat, so wird

$$C^2 : c^2 = \frac{A^2}{T^2} : \frac{a^2}{t^2}.$$

3. Man substituire ferner in dem letztern Verhältnisse aus dem 3. Kepler'schen Gesetze statt T^2 und t^2 das ihm gleiche Verhältniß $A^3 : a^3$, indem man also setzt:

$$C^2 : c^2 = \frac{AA}{AAA} : \frac{aa}{aaa} \left(\text{oder } \frac{A^2}{A^3} : \frac{a^2}{a^3}\right),$$

so wird $C^2 : c^2 = \frac{1}{A} : \frac{1}{a}$ (oder $a : A$);

d. h. die Quadrate der Geschwindigkeiten zweier Planeten verhalten sich umgekehrt wie die Entfernungen dieser Planeten von der Sonne.

2. Zusatz.

Manchem Leser wird noch, zum völligen Verständniß des Vorhergehenden, eine kurze Erklärung, die umgekehrte Proportionalität betreffend, erwünscht sein.

1. Wenn zwei Größen C und D mit zwei andern A und B so proportionirt werden, daß $A : B = C : D$ ist; so sagt man: die Größen C und D seien den Größen A und B gerade proportionirt (proportional).

2. Muß man aber das Verhältniß $C : D$ umkehren, um es dem Verhältnisse $A : B$ gleich zu machen, so daß $A : B = D : C$ wird, so sagt man, daß die Größen C und D gegen A und B verkehrt proportional sind (Beispiele von verkehrten Verhältnissen sind aus der sogenannten verkehrten Regel de Tri bekannt).

3. Aufgabe: Verkehrt proportionirte Größen zu gerade proportionirten zu machen.

Auflösung: wenn C und D mit A und B verkehrt proportionirt sind, oder wenn $A : B = D : C$ ist (1),

$$\text{so ist } A : B = \frac{1}{C} : \frac{1}{D} \quad (2).$$

Beweis: wenn man beide Glieder des zweiten Verhältnisses der Proportion unter (1) durch das Product CD dividirt (wodurch das Verhältniß ungeändert bleibt), so erhält man

$$\frac{D}{CD} : \frac{C}{CD} \left(\text{oder } \frac{1.D}{CD} : \frac{1.C}{CD}\right) = \frac{1}{C} : \frac{1}{D}$$

(indem D und D, und C und C im Zähler und Nenner sich aufheben), also auch für jenes zweite (umgekehrte) Verhältniß proportionirte Größen, nämlich $\frac{1}{C} : \frac{1}{D}$ (2).

Hieraus wird man sich hinlänglich erklären können, wie oben (unter 3. des 1. Zusatzes) $\frac{1}{A} : \frac{1}{a}$ statt $a : A$, und weiter vorher (S. 310.) $\frac{1}{A^2} : \frac{1}{a^2}$ statt $a^2 : A^2$ sich setzen läßt.

Uebrigens wird hier noch als bekannt vorausgesetzt, daß, wenn man 1 durch irgend eine Zahl dividirt, man den Quotienten den umgekehrten Werth der Zahl, z. B. $^1/_8$ den umgekehrten Werth von 8 (oder $^8/_1$) nennt (in einem Decimalbruche ausgedrückt = 0,125).

Zu §. 75., a.

Diesen Versuch hat auch Brandes (Vorlesungen über die Astron. I. Th. S. 192 ff.) gemacht, der indeß selbst seine Darstellung etwas „schwerfällig" nennt. Es ist aber letztere auch darum nicht völlig befriedigend, weil einige geometrische Sätze darin, welche zu Hülfe zu nehmen nicht vermieden werden konnte, ohne allen Beweis hingestellt sind. Diese Lücke im Gange der Schlüsse möge denn hier ergänzt werden.

1. Beweis, daß UT (Fig. 38. S. 242.) das Vierfache von BD ist.

Es sind die Dreiecke SAD und SPT einander ähnlich, und es verhält sich daher $SD : SA = ST : SP$;

folglich $SD - SA : SA = ST - SP : SP$;

d. i. $SD - SB : SA = ST - SU : SP$;

oder $BD : SA = UT : SP$;

also auch $BD : UT = SA : SP = 1 : 4$.

2. Beweis, daß man PR gleich $^1/_8$ PU nehmen muß, wenn RQ gleich $^1/_{64}$ UT sein soll.

Nach Huyghens Lehrsatze ist

$$UT = \frac{PU^2}{2SP} \text{ und } RQ = \frac{PR^2}{2SP};$$

folglich $UT : RQ = PU^2 : PR^2$.

Soll daher $RQ = {}^1/_{64}\,PU$ sein, so muß $PR^2 = {}^1/_{64}\,PU^2$, und folglich $PR = {}^1/_8\,PU$ sein.

Zu §. 78. und 79.

Die gegenseitigen Störungen und die Massen der Planeten betreffend.

Die Planeten gleichsam in die Waagschale zu legen, und ermitteln zu wollen, wie schwer sie gegen einander wiegen (wie viel materiellen Stoff z. B. die Sonne, der Jupiter, der Saturn ꝛc., gegen den des Erdkörpers, oder dieser gegen den des Mondes u. s. w. enthält), kurz die Massen aller dieser Körper, und die daraus fließenden gegenseitigen Einwirkungen oder Störungen (oder aus letztern die Massen) zu bestimmen, scheint den Unkundigen ein gewagtes und unsicheres Beginnen zu sein. Und doch haben die zeitherigen Erfahrungen (die Uebereinstimmung der auf dießfallsigen Berechnungen beruhenden Planeten- ꝛc. Tafeln mit den aus den Beobachtungen sich ergebenden Bewegungen unt jedesmaligen Oertern der Planeten ꝛc.) gelehrt, daß hier keineswegs von einem bloßen Vermuthen oder glücklichen Errathen die Rede sein könne, daß vielmehr ein wohl bemessenes, zielbewußtes und zuverlässiges Rechnungsverfahren zu Grunde liegen müsse.

Wenn indeß auch hierin mit der Zeit kleine Abweichungen von den gewonnenen Rechnungsresultaten sichtbar geworden sind, so haben dieselben zu fernerweiten scharfen Untersuchungen, und diese zu neuen wichtigen Entdeckungen und Berichtigungen und hiermit zugleich zu neuer Bestätigung der Newton'schen Gravitations- und Perturbationstheorie geführt. Dieß ist der Fall bei der höchst denkwürdigen Entdeckung des transuranischen (Verrier'schen) Planeten (§. 42., f.).

Schon seit mehreren Jahren hatten nämlich die Astronomen sich überzeugt, daß zwischen den durch Beobachtung gegebenen Oertern des im Jahre **1781.** entdeckten Planeten Uranus (§. 42., d.) und den durch die Theorie berechneten, und namentlich aus den neuesten Uranustafeln*) hervorgehenden, je länger je mehr anwachsende Unterschiede sich herausstellten, die keinesweges bloßen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden konnten. Dieß führte mehrere Astronomen auf die Vermuthung, daß jenseits des Uranus sich noch ein Planet befinde, von dessen Einwirkung auf den Uranus jene Disharmonie zwischen den Uranustafeln und den Beobachtungen herrühren müsse. Sehr bestimmt drückte sich noch vor Kurzem (unmittelbar vor der Verrier-Galle'schen Entdeckung) hierüber der scharfsinnige Mädler aus: „Wir finden Anomalien im Laufe des Uranus, die es schon Bouvard **1820.** unmöglich machten, die ältern und neuern Beobachtungen in Eine Bahn zu vereinigen. Einst wird eine neue Art von Entdeckungen beginnen, nachdem die alten, die das Fernrohr gemacht, wenigstens innerhalb der Grenzen unsers Sonnen-

---

*) Tables astronomiques de Jupiter, de Saturne et d'Uranus, par Bouvard. Paris 1821. In diesen Tafeln sind, was den Uranus betrifft, die Störungen, die dieser Planet von dem Saturn und dem Jupiter erleidet, in Rechnung gebracht; aber sie wurden eben bis zum Jahre 1846 nicht mehr ausreichend befunden, um die oben angedeuteten Abweichungen vollständig zu erklären.

systems abgeschlossen zu sein scheinen. Wohin kein Fraunhofer'scher Refractor ꝛc. dringt, dahin wird das geistige Fernrohr, die Analysis, vordringen und die neue Aernte wird beginnen. Von der wahrgenommenen, constatirten, anderwärts unerklärbaren Wirkung wird man zurückschließen auf das Wirkende, und wie einst Olbers, von andern Betrachtungen geleitet, zwei neue Weltkörper da fand, wo er selbst uns gelehrt hatte, sie zu suchen,*) so wird der Analytiker dem Astronomen das Fernrohr richten und ihn den noch unbekannten Planeten finden lehren;" astronom. Briefe S. 453. Vergl. eine ganz ähnliche Aeußerung eben dieses Astronomen in dessen popul. Astronomie S. 279. fg., namentlich die Worte: „man darf (in Betreff eines jenseits des Uranus laufenden und diesen störenden Planeten) die Hoffnung aussprechen, daß die Analysis einst diesen höchsten ihrer Triumphe feiern und durch ihr geistiges Auge Entdeckungen in Regionen machen werde, in die das körperliche bis dahin einzudringen bisher nicht vermochte."

Wie bald haben Verrier und Galle, jener durch die unglaubliche Schärfe seines geistigen, dieser durch die teleskopisch verstärkte Sehkraft seines leiblichen Auges, Mädler's zuversichtliche Prophezeihung wahr gemacht!

Wer durch die, aus rein theoretischen Untersuchungen und Berechnungen hervorgegangene, Entdeckung des Verrier'schen Planeten sich nicht von der Wahrheit der Newton'schen Lehre von der allgemeinen Gravitation und der in dieser gegründeten gegenseitigen Störungen in dem Laufe der Planeten ꝛc., und hieraus zugleich von der Richtigkeit der die Massen betreffenden Rechnungs-Unterlagen überzeugen lassen kann (denn auf jene und diese Voraussetzungen gründete Verrier nicht nur überhaupt die Annahme des Vorhandenseins, sondern auch

*) Vergl. Anh. I. zu §. 43., d.

die Berechnung der Bahnelemente des neu aufzufindenden Planeten, als: des Halbmessers, der Excentricität und der Neigung der Bahn, der Umlaufszeit u. s. w. (§. 42., f.), ja sogar die Bestimmung des Ortes, den der Planet zu einem gewissen Zeitpunkte, und namentlich an dem Abende und zu der Stunde, wo er wirklich von Dr. Galle in Berlin aufgefunden wurde, einnehmen mußte), — der wird schwerlich auf einem andern Wege zu dieser Ueberzeugung geführt werden können.

II.

Sprachliche Erklärung der vorzüglichsten, in dieser Schrift gebrauchten astronomischen Kunstausdrücke griechischer Abstammung. *)

Anomalie, *ἀνομαλία*, von *ἀ* (dem verneinenden Alpha), un, ohne ꝛc., und *νόμος*, das Gesetz; Ungesetzlichkeit, Abweichung vom Gesetze, von der Regel. (S. 215. u. f.)

Aphelium, *ἀφ-ήλιον*, von *ἀπό* (*ἀφ'*), entfernt davon, und *ἥλιος*, die Sonne; Sonnenferne. (S. 68.)

*) Einige, schon früher im Buche erklärte, Wörter sind hier weggelassen worden. — Die lateinischen Kunstwörter, wie Aequator, Declination u. s. w., werden die meisten Leser sich leicht selbst erklären können. Viele andere, ebenfalls nicht berücksichtigte Wörter, wie Zenith, Nadir, Azimuth u. s. w., insbesondere viele Sternnamen, wie Algol, Aldebaran, Deneb u. s. w., stammen aus der arabischen Sprache her; denn die Araber cultivirten neben andern Wissenschaften auch die Sternkunde (besonders seit der Gründung des Kalifats in Bagdad, d. h. seit 750 nach Chr., namentlich unter dem Abassiden Almamon, dem Sohne des berühmten Harum al Raschid, 814 bis 833., und noch weiterhin eine geraume Zeit hindurch) in der Weise, daß sie die Lehrer jener Wissenschaften, namentlich der Astronomie, für die europäischen Nationen waren, und Schriften hinterließen (wie das Almagest oder die arabische Uebersetzung der *μεγάλη σύνταξις* des Cl. Ptolemäus, S. 127. u. 301.), die heutiges Tages noch geschätzt und mit Nutzen gebraucht werden.

Apogäum, ἀπό-γαιον, von ἀπό und γαῖα, die Erde; **Erdferne**. (S. 96.)

Apsiden, apsides, von ἀψίς (ῖδος), die Rundung, der Umfang, die Hauptpunkte des Umfanges (der Planeten- 2c. Bahnen). Plinius sagt in Hist. natur. II., 15. davon: „prima circulorum (nämlich puncta), quae Graeci apsidas appellarunt." (S. 68. und ferner.)

Atmosphäre, von ἀτμός, Dampf, Dunst, und σφαῖρα, die Kugel; Dunstkugel, **Dunstkreis**. (S. 8. u. ferner.)

Chronometer, von χρόνος, die Zeit, und μετρέω (εῖν), messen; **Zeitmesser**. (S. 102. u. f.)

Coluren, von κόλος, verstümmelt, gestutzt, und οὐρά, der Schwanz; am Schwanze verstümmelt. (S. 41.) — Die mit diesem Worte bezeichneten Kreise hat man deshalb so benannt, weil wir sie immer nur „verstümmelt," nämlich nie ihr dem Südpole zugewendetes Ende sehen. So erklären es unter den Alten z. B. **Cicero** (in Somn. Scip. I. 15.), unter den Neuern der große **Kepler** (Epitome astronomiae Copernicanae Lib. II. n. IX.).

Comet, κομήτης (comēta), von κόμη, das Haar; der **Haar- oder Schweifstern**. (S. 162. u. ferner.)

Ekliptik, ecliptica (nämlich orbita, die Laufbahn), von ἐκλείπω (ειν), aus- (unter-) lassen, abnehmen, Mangel (an Licht) erleiden, wie bei Mond und Sonne zur Zeit einer Mond- 2c. Finsterniß; der **Kreis** am Himmel, in, oder nahe bei welchem allein sich Mond- und Sonnenfinsternisse (Eclipses, ἐκ-λείψεις, defectus lunae et solis) ereignen können. (S. 39. u. f.)

Ellipse, s. Anh. I. S. 307.

Epicykloide, von ἐπί, an, auf, neben, und κύκλος, der Kreis; **Nebenkreis**. (S. 222.)

Epoche, ἐπ-οχή (epocha), von ἐπί, an 2c. und ἔχω, ἐπ-έχω (ειν), anhalten; das **Anhalten**, der Zeitpunkt, bei (von) welchem man anhält (ausgeht). (S. 310. u. f.)

Excentricität, ἐκ-κεντρότης (excentricitas), von ἐκ (ex), aus, und κέντρον (centrum), der Mittelpunkt; das Stehen außerhalb des Mittelpunktes. (S. 67. 68 u. f.)

Geocentrisch, von γῆ (γαῖα), die Erde, und κέντρον; vom Mittelpunkte der Erde aus betrachtet. (S. 166., Anm., und 214.)

Heliocentrisch, von ἥλιος, die Sonne, und κέντρον; vom Mittelpunkt der Sonne aus betrachtet. (S. 166., Anm., u. 213.)

Heliometer, von ἥλιος, die Sonne, μετρέω (εῖν), messen; Sonnenmesser. (S. Anh. I. S. 287. Anm.)

Hemisphäre, von ἡμι (lat. semi), halb, und σφαῖρα, die Kugel; Halbkugel (der Erde oder des Himmels).

Horizont, ὁρίζων, von ὁρίζω, begrenzen, umgrenzen; der Gesichtskreis. (S. 1. u. f.)

Hyperbel, s. Anh. I. S. 307.

Koluren, s. Coluren. — Komet, s. Comet.

Mechanisch, μηχανικός, von μηχανή (machina), Werkzeug ꝛc.; erfinderisch, geschickt zum Verfertigen nützlicher Werkzeuge (Maschinen ꝛc.). — Mechanik, μηχανική (nämlich τέχνη, ars), die Kunst, Werkzeuge (Maschinen) ꝛc. zu erfinden. — Mechanisch im astronom. Sinne, s. §. 72.—74.

Mikrometer, von μικρός, klein, und μετρέω, messen (kleine Winkel messen); s. S. 62 u. 286.

Mikroskop, von μικρός, klein, und σκοπέω, schauen, spähen; Kleines, oder sehr kleine Gegenstände (vergrößert) sehen; s. Anh. I. S. 285.

Optik (optisch), ὀπτική (nämlich τέχνη, oder θεωρία), von ὄπτω, sehen; die Lehre vom Sehen, vom Lichte. (S. Schlußbetr. S. 273.) — Dioptrisch (dioptisch) von διά, hindurch, und ὄπτω, hindurchsehen; — katadioptrisch, von κατά, niederwärts, zurück ꝛc., Licht zurückwerfend. S. den Anh. unter I. S. 280. oben.

Parabel, s. Anh. unter I. S. 307.

Parallaxe, παρ-άλλαξις, von παρ-αλλάσσω (παρά, neben, und ἀλλάσσω, wechseln, verwechseln), nebeneinanderstehende Dinge abwechseln (den Ort verändern) lassen; die Ortsvertauschung, oder Abwechselung. (S. 77 ff.)

Perigäum, von περί, um, herum, nahe dabei, und γαῖα die Erde; Erdnähe (S. 96.); so auch Perihelium (ἥλιος, die Sonne), die Sonnennähe. (S. 68.)

Periodisch, von περί, um ꝛc. und ὁδός, der Weg; Umlauf. (S. Seite 86 ff.)

Phase (Lichtphase), φάσις, von φάω (φαίνω), erscheinen, leuchten; Lichtgestalt. (S. 89 ff.)

Photosphäre, von φῶς (τός), das Licht, und σφαῖρα, die Kugel; Lichtkugel. (S. 169.)

Physisch, φυσικός, von φύω, erzeugen, hervorbringen (φύσις, die Erzeugung, natürliche Entstehung und Beschaffenheit; die Natur); in der Natur liegend, natürlich ꝛc. — Physische Astronomie. S. 232 ff.

Planet, πλανήτης (planeta), von πλανάω (ᾷν), irren, herumirren (πλάνη, das Irren ꝛc.); der Irrstern, oder Wandelstern. (S. 115 ff.)

Pol (Nordpol ꝛc.), πόλος, von πολέω (εῖν), umdrehen, sich umdrehen; die Angel, der Drehpunkt. (S. 3 ff.) — Polarkreise, S. 190 ff.

Sphäre (Himmelssphäre, S. 1 ff.), s. Atmosphäre, Hemisphäre. — Sphäroid, S. 178.

Synodisch, von σύν, mit, zusammen, und ὁδός, der Weg, Lauf; σύνοδος, synodus, das Zusammentreffen, die Zusammenkunft. Synodischer Mond- und Planetenumlauf, S. 88., 118., 125 ff.

System, σύστημα, (systema), von σύν, mit, zusammen, und ἵστημι (άναι), stellen, also: zusammenstellen; die Zusammenstellung, oder das ordnungsvolle Verbundensein einzelner Theile zu einem Ganzen. Sonnensystem u. s. w. S. 174., 206 ff.

Syzygien, συ-ζυγία, von σύν und ζυγέω (εῖν), zusammen verbunden, vereinigt sein; die Punkte der Zusammenkunft, oder des Verbundenseins (durch eine gerade Linie), wie des Mondes mit der Erde und Sonne in der Conjunction und Opposition. (S. 92.)

Teleskop, von τῆλε, fern, und σκοπέω, sehen (τηλεσκόπος, fernsehend); Fernrohr. (S. 17 ff.; Anh. I. S. 279.)
Tropisch, tropicus, von τροπή, die Umkehr, die Rückkehr, das Umwenden. Tropisches Jahr, auf die Rückkehr der Sonne zum Frühlingsäquinoctialpunkte bezogen. S. 55.
Zodiacus, Zodiacus, von ζώδιον, das Thier; ζωδιακός (nämlich κύκλος, circulus), der Thierkreis. (S. 43.)
Zone, ζώνη, Gurt, Gürtel. (S. 192.)

III.

Nachtrag, Himmelskarten und Globen betreffend, zu den §§. 7., 8., 18.—21., 69.—71.

1. Außer dem kleinen Bode'schen Atlas (vergl. S. 50., Anm.), oder der Vorstellung der Gestirne auf 34 Kupfertafeln, nebst Gebrauchsanweisung" ꝛc. sind Liebhabern der Sternkunde unter andern zu empfehlen: Atlas des gest. Himmels von J. J. von Littrow, 34 Tafeln in Querfol., mit Anweisung ꝛc., Stuttg. b. Hoffmann 1839.; — Mädler's Atlas zur popul. Astronomie, mit vorangeschickten Erläuterungen, Berl. b. Heymann 1842., 11 Karten in Querfol. (die 4 ersten Tafeln enthalten den gestirnten Himmel, die folgenden topographische Darstellungen des Mondes und einiger Planeten, die beiden letzten, gleich dem Littrow'schen Atlas, verschiedene Nebelflecke, Doppelsterne u. s. w.; — Darstellung des gestirnten Himmels auf 4 Kugelsegmenten, von M. C. Riedig in Leipzig (Schreiber's Erben), Leipz. 1837. (18 gGr.).

2. Himmelsgloben (auch Erdkugeln) von verschiedener Größe sind seit längerer Zeit zu beziehen bei Schropp in Berlin, im Industriecomptoir zu Weimar u. s. w.; — seit Kurzem auch (in sehr gerühmter Ausführung) aus dem geographischen Institute des Garnisonschullehrers Adami zu Potsdam (Waisenstraße Nr. 33.). — Uebrigens übernimmt jede gute Buchhandlung dergleichen Besorgungen.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schulze, G. L.

Astronomie in populärer Darstellung

Leipzig 1847

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Philos.5095
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11112200-4